

CAMILA FABIANA ROSSI SQUARCINI

RITMOS CIRCADIANOS DA FORÇA EM ATLETAS  
CEGOS

Tese apresentada à Universidade  
Federal de São Paulo – Escola  
Paulista de Medicina para obtenção  
do título de Mestre em Ciências.

São Paulo  
2007

Squarcini, Camila Fabiana Rossi

Ritmo circadiano da força em atletas cegos / Camila Fabiana Rossi Squarcini. – São Paulo, 2007.

xv85p.

Tese (Mestrado) Universidade Federal de São Paulo, Escola Paulista de Medicina. Programa de Pós-Graduação em Psicobiologia

Título em inglês: Circadian rhythm of the force in blind athletes

1. Atletas cegos. 2. Livre-curso. 3. Força. 4. Ritmo circadiano.

CAMILA FABIANA ROSSI SQUARCINI

RITMOS CIRCADIANOS DA FORÇA EM ATLETAS  
CEGOS

Tese apresentada à Universidade  
Federal de São Paulo – Escola  
Paulista de Medicina para obtenção  
do título de Mestre em Ciências.

Orientador: Prof. Dr. Marco Túlio de Mello  
Co-Orientadora: Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Maria Laura Nogueira Pires

São Paulo  
2007

Esta tese de mestrado foi realizada no Departamento de Psicobiologia da Universidade Federal de São Paulo – Escola Paulista de Medicina, no período de Março de 2005 a Janeiro de 2007, com bolsa concedida pela Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP; processo nº 04/11913-8) e apoio financeiro do Centros de Pesquisa, Inovação e Difusão (CEPID) / FAPESP (processo nº 1998/14303-3) e Associação Fundo de Incentivo à Psicofarmacologia (AFIP).

*As palavras são pequenas...*

*... os exemplos são gigantes! (adaptado de provérbio suíço)*

Dedico...

... não apenas esta obra, mas todas as minhas conquistas profissionais aos meus pais, Decio e Olinda, meus irmãos, Rodrigo e Daniela e especialmente ao Felipe, companheiro de hoje e de sempre. Amo vocês!

*Palavras de dedicatória  
São palavras de circunstância  
Embrulhadas na ânsia  
Do momento.  
Palavras que são o pouco  
Do muito que quero  
Mas não consigo  
Escrever.  
Sem palavras, assim de repente,  
Sem jeito, quando o mais importante,  
É o tanto que ficou por dizer.  
(Carmino de Carvalho)*

*Meu agradecimento especial...*

*... ao orientador, mas acima de tudo, meu grande amigo Marco  
Túlio de Mello. A amizade esvazia o sofrimento porque a simples  
lembrança ou presença do amigo acalma. Obrigada pela orientação e  
principalmente pelas oportunidades.*

*Meus sinceros agradecimentos...*

*... à Maria Laura Nogueira Pires, a amizade ameniza as tarefas  
difíceis porque a gente não as realiza sozinho, a amizade torna os fardos  
mais leves porque os divide pelo meio. Obrigada amiga!*



## AGRADECIMENTOS

---

A Deus, pela energia que desprendeu para que me sentisse renovada e disposta a continuar a luta.

Aos voluntários, exemplos de vitória, amigos de verdade. Amizade é algo valioso, grande como o mar onde se vê o princípio e nunca se vê o final.

À companheira e amiga Cleide por nossos momentos de risos, choros e, acima de tudo, respeito. Que vale o pôr-do-sol se na manhã seguinte não merecemos um sorriso? Para você um grande sorriso!

A Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Ana Amélia Benedito Silva e ao amigo Marcos Gonçalves Santana (Marquinho), pelo papel valioso na realização dessa obra.

Às amigas nemolettes, pois são como irmãs, que choram e riem comigo e que sempre me estendem as mãos. Um grande “Baleiez” para vocês!

Meus agradecimentos, com todo carinho, pela atenção que recebi nesse cantinho que marcou meu coração. Um mundo mágico, acolhedor! Que mesmo nos momentos difíceis tira-me do chão. Quero agradecer a todos vocês que hoje fazem dessa casinha um ponto de encontro e amizade. Beijos à Tia Candinha, Glorinha, Andrea, Renata, Ritinha, Samantha, Cristiane (Cris), Daniel (K-beça), Ioná, Márcio (primo), Leana, Giseli, Walter, Ismair (Zima), Cley, Amaury (Caju), Daniel (Vermeio), Alexandre, Viviane, Ricardo, Cibeli, Franco, Serginho, Hanna Karen, Ronaldo, Alberto, Vladimir, Mario, Murilo, Laura, Ernani, Ana Dâmaso, Daniela, Aline, Mara, June, turma do 9º andar especialmente Sheila, Tatiana, Viviane, André, Camila (Baiacu), Fernando, Marcelo, Noler, Cadu, Luciano (médico). Além de Aniella, Carlos Eduardo (Cadu), Andressa, Rodrigo Kimura, Tatiana Cury, Kâli, Claudio, Sionaldo e Wagner.

Gostaria de agradecer também aos amigos Carolina Matarazzo, Danilo Ghorayeb Garcia e Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Stella Peccin, presença fundamental!

Obrigada Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Márcia Pradella-Hallinan, Gabriela (Gaby), Lucia (Lu), Alexandra, aos técnicos de polissonografia e a todos do setor de pediatria do Instituto do Sono que contribuíram para realização dessa pesquisa.

À Magda, pelo carinho, compreensão e salvação.

Ao pessoal do setor de hormônios pela companhia nos finais de semana.

Ao Seu Cláudio e ao Sérgio (marido da Cleide), por serem companhias agradáveis no transporte dos atletas cegos.

À Mônica Gutierrez Dias Ortiz, por ter ajudado a encontrar um oftalmologista. E, ao Francisco Crestana, oftalmologista da equipe.

À Maria Cristina Jorge (“chefe da biblioteca”), Nereide Lourdes Garcia, Julio Cesar do Nascimento, Valéria, Andréia, Nelson (Nelsão) pela assistência. Meus sinceros agradecimentos.

À minha família, minha maior conquista. Quanto amor... que até nos pega de surpresa... é dividir, dar e pedir, todos em um qualquer um... obrigada família!

Por fim, uma das pessoas mais importantes em minha vida. Felipe, obrigado pela sua companhia, que alegra meus dias, pelo teu sorriso e por tuas palavras que confortam minhas lágrimas. Você é uma pessoa muito especial e o meu carinho por ti ficará para sempre. Te amo!

## LISTA DE FIGURAS

---

**Figura 01** – Série temporal hipotética

**Figura 02** – Ritmo circadiano da temperatura corporal dos atletas cegos

**Figura 03** – Ritmo circadiano da força de contração isométrica de preensão manual da mão dominante dos atletas cegos

**Figura 04** – Ritmo circadiano da força de contração isométrica de preensão manual da mão não dominante dos atletas cegos

**Figura 05** – Ritmo circadiano da força de contração isocinética dos músculos extensores do tronco dos atletas cegos

## LISTA DE TABELAS

---

**Tabela 1** – Descrição do perfil demográfico dos voluntários

**Tabela 2** – Acrofases do ritmo circadiano da temperatura corporal dos voluntários videntes

**Tabela 3** – Acrofases da temperatura corporal e períodos endógenos dos atletas cegos

**Tabela 4** – Acrofases da força de contração isométrica de preensão manual dos voluntários videntes

**Tabela 5** – Acrofases da força de contração isométrica do tronco no grupo de voluntários videntes

**Tabela 6** – Acrofases da força de contração isométrica dos atletas cegos

**Tabela 7** – Período endógeno da força de contração isométrica dos atletas cegos

**Tabela 8** – Acrofases da força de contração isocinética concêntrica do joelho dos voluntários videntes e atletas cegos

**Tabela 9** – Parâmetros polissonográficos dos voluntários videntes e atletas cegos

**Tabela 10** – Comparação actigráfica dos voluntários videntes e atletas cegos

O ciclo claro-escuro é o principal estímulo temporal ambiental que sincroniza o ritmo biológico endógeno ao dia externo de 24 horas. Nos indivíduos cegos, o sistema temporizador endógeno irá expressar seu ritmo intrínseco (ritmo em livre-curso), que é geralmente diferente de 24 horas. Sabendo-se que a força muscular é uma das variáveis biológicas controladas pelo relógio biológico, questionou-se: é possível que em indivíduos cegos esta variável expresse seu ritmo em livre-curso? Assim, o objetivo do estudo foi determinar os padrões dos ritmos circadianos da temperatura corporal, da força de contrações isométrica e isocinética e, secundariamente, o padrão do sono em atletas cegos. Participaram da pesquisa 6 atletas cegos (4 homens e 2 mulheres) e 4 voluntários videntes (2 homens e 2 mulheres). Os voluntários compareceram ao laboratório em três ocasiões, separadas por uma ou duas semanas entre si, para coleta de temperatura da artéria temporal a cada hora, durante um período de 24h. A força de contração isométrica (dos músculos envolvidos na preensão manual e na extensão das costas) e de contração isocinética concêntrica do joelho foi coletada em outras três ocasiões separadas por uma ou duas semanas entre si. Os horários de coleta foram: 02:00h, 06:00h, 10:00h, 14:00h, 18:00h e 22:00h, com espaçamento entre si de no mínimo 8 horas. O exame polissonográfico foi realizado na noite que precedeu a coleta de temperatura corporal e os registros actigráficos foram realizados nos cinco dias posteriores à coleta da temperatura.

Os dados da temperatura corporal e da força foram submetidos à análise cosinor e regressão linear. As variáveis polissonográficas e actigráficas foram submetidas à análise descritiva. Os resultados mostraram que os voluntários videntes apresentaram ritmo circadiano da temperatura corporal e força de contração isométrica com acrofases ocorrendo entre 16:00h e 19:00h, enquanto que 3 dos 6 atletas cegos apresentaram períodos endógenos superiores a 24 horas (ritmos em livre-curso) tanto para temperatura corporal quanto para força de contração isométrica. Os demais voluntários cegos representam possíveis casos de sincronização, uma vez que apresentaram períodos circadianos de 24 horas em ao menos em uma das variáveis estudadas (temperatura corporal ou força de contração isométrica). Para a força de contração isocinética concêntrica de extensão e flexão dos joelhos, nas velocidades 60°/seg e 90°/seg de ambos os grupos, na maioria das ocasiões (95,5%), não se observaram flutuações circadianas. O padrão do sono dos atletas cegos e voluntários videntes foi semelhante entre si apesar dos atletas cegos apresentarem o início do sono, em média, ocorrendo mais tarde e uma discreta redução na eficiência do sono. Conclui-se que uma parcela dos atletas cegos apresentou ritmos circadianos da temperatura corporal e da força de contração isométrica em livre-curso, que a expressão rítmica da força de contração isocinética concêntrica máxima em velocidades baixas não foi consistentemente e que, comparados aos videntes, os atletas cegos apresentaram uma discreta redução na eficiência do sono e tenderam a dormir mais tarde.

## SUMÁRIO

---

INTRODUÇÃO .....	1
RITMO CIRCADIANO .....	3
- <i>O ritmo circadiano em variáveis fisiológicas</i> .....	5
- <i>O ritmo circadiano em livre-curso de variáveis fisiológicas e comportamentais</i> .....	10
OBJETIVO.....	13
MATERIAIS E MÉTODOS.....	14
PROCEDIMENTOS.....	14
- <i>Determinação do período circadiano endógeno (tau) da temperatura corporal</i> .....	15
- <i>Determinação do período circadiano endógeno (tau) da força de contração isométrica e isocinética concêntrica</i> .....	16
- <i>Registro polissonográfico</i> .....	20
ANÁLISE DOS DADOS .....	23
RESULTADOS .....	26
- <i>Ritmo circadiano da temperatura corporal</i> .....	28
- <i>Ritmo circadiano da força de contração isométrica dos músculos envolvidos na preensão manual e nos extensores do tronco</i> .....	30
DISCUSSÃO .....	42
CONCLUSÃO .....	49
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	51
ABSTRACT .....	56
ANEXO 1 .....	58
ANEXO 2 .....	59
ANEXO 3 .....	61

**ANEXO 4..... 63**

**ANEXO 5..... 65**

**ANEXO 6..... 68**

**ANEXO 7..... 69**

**ANEXO 8..... 74**

**ANEXO 9..... 81**



## INTRODUÇÃO

---

O ambiente em que os seres vivos vivem oscila constantemente. Nesse sentido, as alternâncias entre o dia e a noite, entre as estações do ano e as variações climáticas, além de comprovarem essa afirmação, exigem dos seres vivos a capacidade de se adaptar a estas mudanças. Para que isso ocorra é necessária uma organização temporal interna que seja capaz de promover uma oscilação que esteja em harmonia com as variações externas. Muitas destas oscilações são flutuações em variáveis biológicas e/ou comportamentais que têm sido particularmente associadas ao ciclo claro-escuro (diferença na intensidade luminosa gerada pela rotação da Terra em torno do seu próprio eixo, Marques e Menna-Barreto, 2003).

Um dos primeiros estudos que demonstrou a harmonia entre as oscilações internas e externas foi realizado com a planta *Mimosa pudica* através da observação dos movimentos de suas folhas. Nesse estudo, essa planta foi colocada num ambiente escuro e o movimento de suas folhas (abertura e fechamento) continuou alternando com um período próximo de 24 horas apesar da ausência do ciclo claro-escuro. Assim, verificou-se a existência de diferentes respostas aos estímulos luminosos, como o atraso ou avanço na abertura e fechamento de suas folhas, e que essas diferenças influenciaram a duração do

ciclo de atividade-reposo, de forma a aumentar ou diminuir este período (de Marian, 1729 apud McClung, 2006).

Dá-se o nome de ritmo circadiano à oscilação interna associada ao ciclo ambiental diário expressada pela relação claro-escuro. Esse ritmo se caracteriza por ter um período entre 20 e 28 horas, conforme a espécie (Marques e Menna-Barreto, 2003).

O controle do ritmo circadiano sobre as variáveis fisiológicas e comportamentais se dá por um sistema de temporização circadiano conhecido como relógio biológico. Assim, através da oscilação regular de seus estímulos neurais, o relógio biológico promove a ritmicidade circadiana, antecipando e preparando o organismo para a possibilidade de uma determinada mudança sistemática, seja ela ambiental ou interna (Marques e Menna-Barreto, 2003).

Pesquisas realizadas com mamíferos apontam que o núcleo supraquiasmático, localizado no hipotálamo, é o sítio do relógio circadiano. De fato, pois: a) sua remoção leva à perda do ritmo circadiano de atividade e repouso; b) quando isolado *in vitro* ou *in vivo* sua atividade neuronal expressa ritmo circadiano com valores mais altos observados durante o dia e; c) seu transplante induz a restauração do ritmo circadiano de atividade locomotora num animal com lesão (Inouye e Kawamura, 1979; Lehman et al., 1987; Moore, 1997; Moore, 1999).

Responsável pela diferença entre o período claro e escuro em função de sua presença ou ausência, a luz tem sido considerada o principal agente sincronizador, ou *zeitgeber* (palavra alemã que significa doador de tempo) do organismo com o meio externo. Sua presença estimula as células ganglionares localizadas na retina, cujo fotorreceptor é a melanopsina, que enviam sinais

neurais para o NSQ promovendo uma sincronização fótica dentro de um período de 24 horas. Esses receptores diferem em seu mecanismo de ação dos receptores responsáveis pela imagem visual (cones e bastonetes) pois seus axônios, não mielinizados, formam o trato retino-hipotalâmico que agem nos neurônios localizados no núcleo supraquiasmático. A mudança no potencial da membrana ocasiona o aumento ou a diminuição dos disparos neuronais em resposta à intensidade da luz. Assim, quanto maior a intensidade de luz que age nos receptores de melanopsina, mais disparos neuronais em direção ao núcleo supraquiasmático ocorre (Moore, 1997; Moore, 1999; Moore et al., 2002; Meijer e Schwartz, 2003, Peirson e Foster, 2006).

### **Ritmo Circadiano**

A palavra circadiano é a associação de duas palavras de origem latina *circa* e *diem* que, respectivamente, significam aproximadamente e dia.

Define-se ritmo circadiano como sendo o ritmo de alternância cíclica em um período de aproximadamente um dia ( $24h \pm 4h$  dependendo da espécie; Marques e Menna-Barreto, 2003), como temos o ciclo de atividade-reposo em humanos no qual pode ser descrito por alguns parâmetros (ver Figura 1, Benedito-Silva, 2003) tais como:

- Período circadiano endógeno (tau): duração referente a um ciclo completo em condição de livre-curso;
- Amplitude: diferença entre o valor máximo ou mínimo ao valor médio de uma curva ajusta a uma função coseno;

- Acrofase: é o momento em que ocorre o valor máximo dentro de uma curva ajusta;
- Nadir: ou batifase é o momento em que ocorre o valor mínimo dentro de uma curva ajusta;
- Mesor: momento em que se observa o valor médio obtido dentro de uma curva ajusta;
- Fase: momento específico de um ciclo, podendo corresponder à metade de um ciclo. Por exemplo, a fase de vigília e a fase de sono do ciclo de vigília-sono.

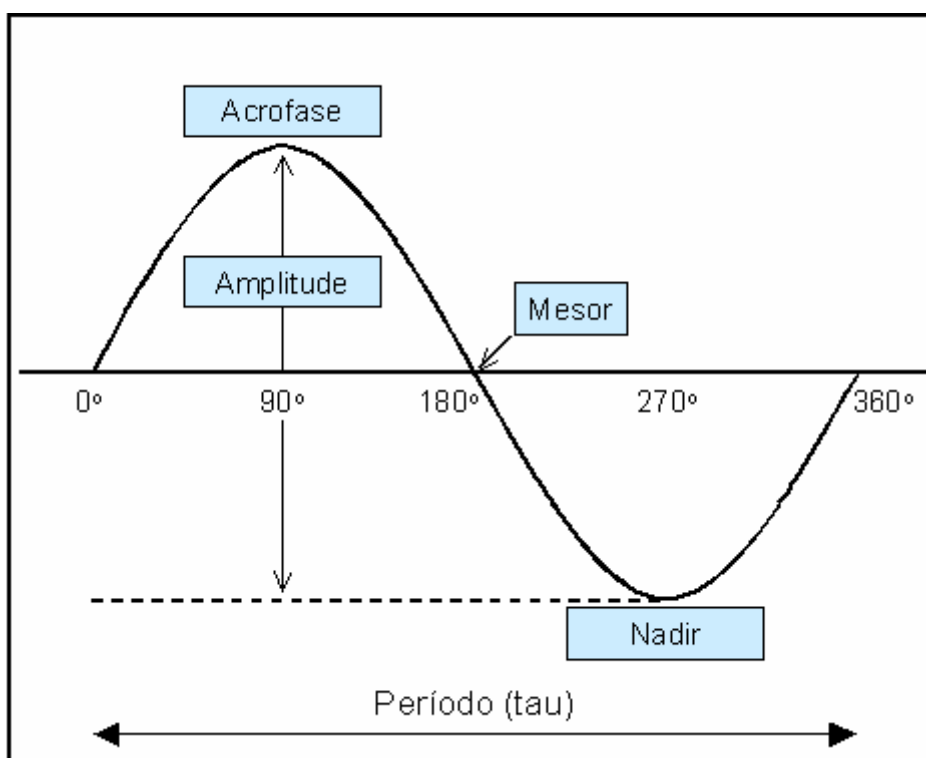


Fig. 1: Série temporal hipotética: período (tau), amplitude, acrofase, nadir e mesor.

## **- O ritmo circadiano em variáveis fisiológicas**

O disparo rítmico do relógio biológico age como sincronizador enviando projeções para diversas regiões controladoras de variáveis fisiológicas e/ou psicológicas, a exemplo, da secreção hormonal, da temperatura corporal, do sono, do desempenho físico, entre outros (Moore, 1997; Moore, 1999).

Uma dessas vias de projeção chega ao núcleo paraventricular do hipotálamo que por sua vez, através da liberação do neurotransmissor ácido gama-aminobutírico (GABA), inibe os neurônios do nervo simpático do gânglio cervical superior. Este gânglio é responsável por liberar o neurotransmissor noradrenalina que age na glândula pineal. Com esta projeção é possível observar uma ação rítmica da glândula pineal na produção e liberação do hormônio melatonina, um dos principais parâmetros fisiológicos estudados na área de cronobiologia. A melatonina é um sinalizador endógeno da fase noturna em vertebrados, ou seja, informa ao organismo quando é noite biológica. Indivíduos sincronizados com o meio externo geralmente exibem uma "zona proibida" do sono no início da noite pouco antes do aumento da concentração plasmática de melatonina quando a tendência para iniciar o sono está no seu nível mais baixo (Lavie, 1986). Este período é seguido por um intervalo caracterizado por uma alta propensão para iniciar e manter o sono. Vários estudos têm documentado que o aumento noturno da concentração de melatonina está associado com esta passagem (Tzischinsky et al., 1993; Shochat et al., 1997). Pesquisas têm demonstrado um padrão rítmico em dias sucessivos com baixas concentrações de melatonina durante a fase clara e altas concentrações durante a fase escura, tendo acrofase de secreção próximo às 04:00h (Lewy e Newsome, 1983; Moore,

1997; Moore, 1999; Marques e Menna-Barreto, 2003; Selmaoui e Touitou Y., 2003).

Uma outra projeção parte do núcleo supraquiasmático em direção ao núcleo paraventricular do hipotálamo que, de maneira pulsátil, libera o hormônio liberador de corticotropina (CRH) que estimula a hipófise a liberar o hormônio adrenocorticotrófico (ACTH). Uma das ações do ACTH é estimular as glândulas supra-renais, responsáveis pelo controle e liberação do hormônio cortisol (também considerado importante parâmetro fisiológico na área da cronobiologia). O cortisol expressa um padrão circadiano semelhante em dias sucessivos, com baixas concentrações próximo às 01:00h e acrofase no início da manhã, próximo às 05:00h (Moore, 1997; Moore, 1999; Buijs et al., 2003; Selmaoui e Touitou, 2003, Zhao et al., 2003).

Do núcleo supraquiasmático também parte uma projeção para áreas específicas dos centros termoregulatórios localizadas na área pré-óptica do hipotálamo. Evidências apontam para a existência de um “set-point” entre o mecanismo de ganho com o mecanismo de perda de calor capaz de promover uma relação entre a temperatura corporal e a temperatura periférica (da pele). Com esta conexão, tais centros delineiam uma flutuação circadiana para a temperatura corporal apresentando em dias sucessivos acrofase entre 14:00h e 20:00h e nadir próximo às 05:00h (Cabanac et al., 1976; Moore, 1997; Moore, 1999; Waterhouse et al., 2005).

Uma quarta via de projeção parte do núcleo supraquiasmático em direção ao hipotálamo na área subparaventricular, seguindo para a área dorsomedial. Dessas regiões irão partir projeções excitatórias para outras regiões cerebrais tais como locus-ceruleus, núcleo tuberomamilar, núcleo dorsal da rafe e projeções

inibitórias para o núcleo pré-óptico ventrolateral do hipotálamo. Esta via, em conjunto com o sistema homeostático do sono promove um padrão rítmico para o ciclo sono-vigília que, em humanos, é expresso através do sono durante o período noturno e vigília durante o período diurno (Moore, 1997; Moore, 1999; Stiller e Postolache, 2005).

Embora não totalmente esclarecido, acredita-se que o núcleo supraquiasmático também atue como um mecanismo de regulação em variáveis relacionadas ao desempenho físico, particularmente o da força muscular. Sua associação com o ritmo circadiano da temperatura corporal tem sido aventada, uma vez que o pico do desempenho tem se verificado próximo ao valor máximo da temperatura corporal (Waterhouse et al., 2005).

Considera-se que o controle do ritmo da força muscular seja endógeno, pois o mesmo persiste durante a privação de sono, se ajusta a mudanças no regime sono-vigília e mantém relação com outros ritmos fisiológicos, como o da temperatura corporal e do cortisol (Harkness et al., 1982; Coldwells et al., 1994; Atkinson e Reilly, 1996; Reilly et al., 1997).

Atualmente, estudos sobre o ritmo circadiano da força têm abordado os diferentes tipos de contração muscular, dentre os quais a contração isométrica e isocinética.

Pesquisas têm demonstrado uma ritmicidade circadiana na contração isométrica dos músculos, que é quando o músculo está ativo, desenvolve força e não é observado movimento articular (Fleck e Kraemer, 1997). Uma delas foi realizada com pessoas com diagnóstico de artrite reumatóide, a partir da mensuração da força de contração isométrica dos músculos envolvidos na preensão manual em cinco momentos diferentes do dia (06:00h, 08:00h, 12:00h,

18:00h e 23:00h; Harkness et al., 1982). Com esse protocolo, os autores puderam observar que o pico da força ocorria às 16:30h. No estudo conduzido por Reilly e colaboradores (1997), agora com indivíduos saudáveis e envolvendo o mesmo grupamento muscular, a coleta da força foi feita em seis momentos diferentes do dia, às 02:00h, 06:00h, 10:00h, 14:00h, 18:00h e 22:00h. De maneira semelhante ao estudo anterior, os valores máximos da força de contração isométrica foram observados no período da tarde, entre 14:00h e 18:00h (Reilly et al., 1997).

A força de contração isométrica dos músculos extensores do tronco (região lombar das costas) foi estudada por Coldwells e colaboradores, em 1994. Nesta investigação, a força foi mensurada em 6 momentos diferentes do dia (02:00h, 06:00h, 10:00h, 14:00h, 18:00h e 22:00h), com intervalo mínimo de 8 horas entre si, em quatro voluntários fisicamente ativos. Os dados foram analisados através do método cosinor, com a acrofase ocorrendo às 16:53h.

Contudo, há uma divergência na literatura com relação à força de contração isocinética concêntrica (quando o músculo está ativo, desenvolve força, é observado encurtamento muscular, a velocidade é fixa e a resistência é variada segundo a habilidade muscular – Fleck e Kraemer, 1997) na detecção da ritmicidade circadiana ou do efeito da hora do dia.

Em um dos estudos a esse respeito, no qual nove indivíduos fisicamente ativos realizaram força de contração isocinética concêntrica máxima do joelho em três momentos diferentes do dia (entre 08:00h e 09:00h, 13:00h e 14:00h e 18:00h e 19:30h), nas velocidades de 60°/seg e 90°/seg, observou-se a presença do efeito da hora do dia com valores mais altos observados no final do dia, entre 18:00h e 19:30h (Wyse et al., 1994).



Posteriormente, Deschenes e colaboradores (1998) investigaram o ritmo circadiano da força de contração isocinética concêntrica máxima no movimento do joelho. Para isso, foram selecionados 10 homens fisicamente inativos que realizaram 5 repetições máximas da força nas velocidades 60°/seg, 90°/seg, 120°/seg e 180°/seg. Os resultados demonstraram presença de ritmo circadiano, com acrofase próxima às 20:00h apenas para a velocidade de 180°/seg. Os autores julgaram que o ritmo circadiano da força máxima foi observado apenas para velocidades altas em decorrência do maior recrutamento de unidades motoras rápidas e pela função das unidades neuromusculares afetadas pela temperatura corporal (Deschenes et al., 1998).

Estes resultados diferem dos resultados anteriores de Cabri e colaboradores (1988), os quais não identificaram ritmo circadiano da força de contração máxima (torque) durante a contração isocinética concêntrica e excêntrica do joelho nas velocidades de 60°/seg e 180°/seg de voluntários fisicamente ativos, tendo como justificativa a variabilidade intra-sujeito (Cabri et al., 1988).

Mais recentemente, Giacomoni e colaboradores (2005) realizaram uma pesquisa para determinar o ritmo circadiano da força de contração isocinética concêntrica máxima em 20 indivíduos de ambos os gêneros sendo eles moderadamente ativos ou sedentários (apenas 3 mulheres), com coleta sendo realizada em seis momentos diferentes do dia (02:00h, 06:00h, 10:00h, 14:00, 18:00 e 22:00h). Os resultados demonstraram que os homens apresentaram ritmo circadiano para a velocidade alta (180°/seg) e as mulheres para velocidades baixas (60°/seg). Acredita-se que a limitação na observação da diferença entre os ritmos circadianos segundo o gênero se deu pela discreta variação do ritmo em

mulheres quando comparadas aos homens (a exemplo da maior quantidade de massa muscular dos homens, responsável por um ganho maior de calor durante a atividade) ou ainda por fatores metodológicos (como por exemplo o tamanho da amostra e a sua variabilidade), de motivação e/ou do ciclo sono-vigília.

#### **- O ritmo circadiano em livre-curso de variáveis fisiológicas e comportamentais**

Existem algumas situações em que a variação da intensidade de luz deixa de influenciar o relógio biológico, ou seja, quando indivíduos estão submetidos à condição de claro ou escuro constante, impedindo a oferta de pistas ambientais capazes de sincronizar o núcleo supraquiasmático em um período de 24 horas. Exemplos dessa situação podem ser observados em indivíduos cegos que apresentam ausência total na percepção de luz e em estudos realizados em laboratório quando a luz é manipulada de forma a manter-se constante. Nestes casos, o relógio biológico passa a “reger” as oscilações internas, promovendo um período diferente de 24 horas, no qual, na maioria das vezes, expressa um período mais longo do que este, conhecido como ritmo em livre-curso (Marques e Menna-Barreto, 2003). Nestas circunstâncias, os ritmos circadianos irão ocorrer mais tarde a cada dia. Assim, se o período endógeno é de 24,5h, por exemplo, estes irão sofrer atrasos de meia hora a cada dia.

De fato, são vários os registros de que indivíduos totalmente cegos (aqueles sem nenhuma percepção luminosa) apresentam ritmos em livre-curso em variáveis fisiológicas, como a secreção de melatonina e cortisol, temperatura corporal e propensão ao sono (Miles et al., 1977; Orth et al., 1979; Lewy e

Newsome, 1983; Sack et al., 1992; Nakagawa, Sack e Lewy, 1992; Lewy et al., 2003).

A documentação de ritmos em livre-curso de indivíduos cegos teve início com Miles e colaboradores em 1977, os quais foram os primeiros a utilizarem avaliações seriadas de temperatura corporal e cortisol em um indivíduo cego. Na ocasião, o voluntário apresentava distúrbios periódicos do sono. Após avaliação da temperatura corporal e cortisol sanguíneo observou-se que o período circadiano do voluntário era de 24,9h, característico, portanto, de ritmo em livre-curso. Resultados semelhantes foram relatados por Orth e colaboradores dois anos depois, em 1979, ao também documentarem a presença de ritmo em livre-curso na secreção de cortisol em um indivíduo cego, agora com períodos endógenos de 24,5 h.

A presença de ritmo em livre-curso da secreção de melatonina em indivíduos cegos foi inicialmente relatada em 1983 por Lewy e Newsome (1983). A partir desses relatos, vários outros investigadores têm relatado a presença de ritmos em livre-curso em indivíduos cegos, incluindo também o ritmo de propensão ao sono, que, nesse caso, também sofre atrasos a cada dia que passa (Nakagawa et al., 1992; Klein et al., 1993; Lockley et al., 1997, Sack e Lewy, 2001).

De fato, tem-se demonstrado que o relógio biológico é um importante determinante na estrutura e no momento do sono de tal maneira que a duração diária do episódio e eficiência de sono parece depender da fase circadiana do sistema endógeno de temporização (Dijk e Czeisler, 1994, Sack et al., 2000). Com isso, diversas pesquisas têm demonstrado uma maior prevalência de distúrbios do sono, particularmente a insônia noturna e a sonolência excessiva

diurna, em indivíduos cegos, principalmente quando estes apresentam sua “noite biológica” ocorrendo durante o dia e seu “dia biológico” ocorrendo durante a noite (diz-se que o indivíduo está fora de fase em relação ao meio ambiente, Leger et al., 1996; Tabandeh et al., 1998; Leger et al., 1999).

Entretanto, o ritmo em livre-curso não é observado em todos os indivíduos cegos. Uma parcela deste grupo apresenta período endógeno muito próximo ao período de 24 horas, indicando assim uma possível sincronização com o meio ambiente ou por um agente não-fótico (Lewy e Newsome, 1983; Sack et al., 1992; Klerman et al., 1998; Sack e Lewy, 2001; Mistlberger e Skene, 2005).

Apesar de diversas pesquisas demonstrarem o ritmo em livre-curso em indivíduos cegos, ainda é desconhecido o padrão do ritmo circadiano da força de contração isométrica e isocinética em indivíduos cegos. Nesse sentido, questiona-se: o ritmo circadiano da força neste grupo de pessoas, a exemplo de outras variáveis biológicas, encontra-se em livre-curso?

## OBJETIVO

---

O objetivo principal desse estudo foi determinar os padrões dos ritmos circadianos da temperatura corporal e da força de contrações isométrica e de contração isocinética concêntrica em atletas cegos. Secundariamente, avaliou-se o padrão do sono do grupo em questão.

## MATERIAIS E MÉTODOS

---

Seis atletas cegos e quatro indivíduos com visão, de ambos os gêneros, assinantes do Termo de Consentimento Livre Esclarecido, participaram da pesquisa após aprovação pelo Comitê de Ética em Pesquisa (parecer nº. 1574/04, conforme apresentado no Anexo 1) do Hospital São Paulo da Universidade Federal de São Paulo.

Os critérios de inclusão adotados foram: adultos, saudáveis e capazes de atender às demandas do estudo. Para os atletas cegos acrescentou-se a ausência total de percepção visual diagnosticado pelo médico oftalmologista no exame oftalmológico para determinação da percepção visual e reflexo pupilar.

Os critérios de exclusão adotados foram: presença de anormalidades significativas nos exames clínico, laboratorial, polissonográfico e eletrocardiográfico de repouso e esforço (estes foram determinados pelo médico clínico geral e cardiologista).

### **Procedimentos**

Ao longo da pesquisa, os voluntários foram orientados a manterem o padrão habitual de sono, a não realizarem exercício físico pelo menos 24 horas antes das avaliações e nem consumirem bebida alcoólica neste período.

### **- Determinação do período circadiano endógeno (tau) da temperatura corporal**

O parâmetro fisiológico adotado para determinar o período circadiano endógeno foi a temperatura corporal e os objetivos desta etapa foram determinar o ritmo circadiano dos videntes e sua semelhança com o descrito na literatura (acrofase no período da tarde e nadir por volta das 05:00h, Waterhouse et al., 2005) e estimar o período circadiano endógeno dos atletas cegos. A mensuração da temperatura corporal foi realizada no Instituto do Sono da Associação Fundo de Incentivo a Psicofarmacologia (AFIP) em diferentes visitas.

Os voluntários videntes compareceram ao laboratório em apenas uma visita, uma vez que não apresentam problemas visuais e utilizam o ciclo claro-escuro como principal *zeitgeber*. Já os atletas cegos compareceram ao laboratório em três visitas espaçadas entre si por uma ou duas semanas. O intervalo entre as visitas para os atletas cegos 5, 6 e 7 foi de uma semana entre a primeira e a segunda visita e de duas semanas entre a segunda e a terceira visitas. Já para os atletas 8, 9 e 10 o intervalo inverteu, sendo de duas semanas entre a primeira e a segunda visita e de uma semana entre a segunda e a terceira visita.

Em cada uma das visitas a temperatura da artéria temporal foi mensurada três vezes a cada hora durante um período de 24 horas, sendo utilizado o termômetro digital Exergen Temporal Scanner TAT-5000, EUA (precisão de 0,01° C; Greenes e Fleisher, 2001). O termômetro foi posicionado na linha média frontal percorrendo em linha reta (paralelamente à sobrancelha), até passar pela região da artéria temporal (ver ilustração no Anexo 2). A temperatura ambiental foi controlada e mantida a 22,6°C.

Os dados da temperatura corporal de cada uma das três visitas dos atletas cegos foram usados para estimar três acrofases, as quais foram utilizadas posteriormente na determinação do período endógeno (detalhada na seção Análise dos Dados).

#### **- Determinação do período circadiano endógeno (tau) da força de contração isométrica e isocinética concêntrica**

Os objetivos desta etapa foram tanto determinar o ritmo circadiano da força de contração isométrica e isocinética concêntrica dos videntes e sua semelhança com o descrito na literatura (acrofase ocorrendo no período da tarde e nadir no início da manhã, Reilly et al., 1997) quanto estimar o período circadiano endógeno dos atletas cegos. A coleta da força foi feita no Centro de Estudos em Psicobiologia e Exercício da AFIP (CEPE).

Semelhante a avaliação da temperatura corporal, os voluntários videntes compareceram ao CEPE em uma visita enquanto os atletas cegos compareceram em três visitas sendo que o espaçamento entre si foi de uma ou duas semanas. O intervalo entre as visitas para os atletas cegos 5, 6 e 7 foi de duas semanas entre a primeira e a segunda visita e de uma semana entre a segunda e a terceira visita. Os atletas 8, 9 e 10 apresentaram intervalo de uma semana entre a primeira e a segunda visita e de duas semanas entre a segunda e a terceira visita.

Essas visitas foram precedidas por uma sessão de teste, realizada uma semana antes, para familiarização com os dinamômetros portáteis e isocinético.

O dinamômetro para preensão manual (Jamar Hand Dynamometer, Canadá – Mathiowetz, 2002) registra a máxima contração isométrica dos



músculos envolvidos na preensão manual dos voluntários (ver ilustração no Anexo 2). A força aplicada ao dinamômetro comprime uma mola que movimenta um ponteiro em uma escala que varia entre 0 e 90 quilogramas força. Assim, os voluntários se posicionaram de maneira ereta, com uma das mãos segurando o equipamento, enquanto os braços estiveram estendidos ao longo do corpo. Os membros inferiores apresentaram-se semi-flexionados a uma distância entre si equivalente à largura do ombro.

A mensuração da força isométrica dos músculos extensores das costas (região lombar) foi realizada com o uso do dinamômetro Takei Physical Fitness Test Back A5002, EUA (Coldwells et al., 1994). Semelhante ao dinamômetro anterior, a força aplicada ao dinamômetro comprime uma mola que movimenta um ponteiro em uma escala que varia entre 0 e 300 quilogramas. Os atletas permaneceram acima da base do equipamento, com os joelhos semi-flexionados, coluna flexionada, segurando a haste do aparelho (ver ilustração contida no Anexo 2). Ao sinal do avaliador o voluntário realizou máxima extensão da coluna lombar, sem que haja movimento dos joelhos, por um período de 3 segundos.

O dinamômetro isocinético (Biodex Multi - Joint System 3 – Lund et al., 2005) é um dinamômetro que tem como característica o isolamento do músculo testado e o controle da velocidade de movimento, ou seja, os voluntários, independente da sua força de contração isocinética, realizam o movimento dentro de um período de tempo estabelecido (ver ilustração contida no Anexo 2). Por este motivo, este aparelho envolve velocidade fixa e resistência variada adaptável à habilidade muscular. Assim, os voluntários foram posicionados na cadeira do equipamento (com encosto em uma angulação de 80°) e com seu tronco, pelve e coxas estabilizados por cintos, tendo o centro do eixo de rotação do dinamômetro

alinhado com o epicôndilo lateral do fêmur e o braço de alavanca fixado acima do maléolo lateral do tornozelo. Além disso, a amplitude de movimento durante o teste foi limitada em 90° a fim de padronizar a amplitude do movimento e, ainda o efeito da gravidade sobre a perna foi corrigido de acordo com os procedimentos do teste no dinamômetro Biodex Multi - Joint System 3. O parâmetro observado neste dinamômetro foi o pico de torque (Newton metros) que se caracteriza por ser o maior valor obtido entre a multiplicação da distância do ponto de aplicação da força com o centro de rotação do eixo que está em movimento.

Em cada visita de ambos os grupos, a força foi medida em seis momentos do dia (02:00h, 06:00h, 10:00h, 14:00h, 18:00h, 22:00h), espaçadas entre si por um intervalo de no mínimo 8 horas (Coldwells et al.; Reilly et al., 1997). De acordo com Reilly e colaboradores (1997), este intervalo entre as medidas garante a recuperação física e evita a fadiga e a privação de sono. Assim, cada visita teve a duração de 48 horas, sendo realizada aos finais de semana.

Além disso, o início de cada sessão de teste foi realizado em diferentes horários, tais como: 02:00h e 22:00h para cada dupla de voluntários videntes e 02:00h, 18:00 h e 22:00h para cada dupla de atletas cegos. Com diferentes inícios de coleta pretendeu-se contra-balancear qualquer efeito de ordem, a exemplo da aprendizagem (Reilly et al., 1997).

O protocolo de coleta de força utilizado para os videntes, em cada um dos seis horários foi:

- Repouso de 30 minutos;
- Primeira coleta de força na contração isométrica dos músculos envolvidos na preensão manual em ambas as mãos;

- Primeira coleta de força na contração isométrica dos músculos extensores do tronco (região lombar das costas);
- Segunda coleta de força na contração isométrica dos músculos envolvidos na preensão manual em ambas as mãos;
- Segunda coleta de força na contração isométrica dos músculos extensores do tronco (região lombar);
- Sorteio para determinar qual será o joelho que iniciará o teste isocinético;
- Aquecimento no cicloergômetro por 5 minutos a 60W mulheres e 75W homens;
- Alongamento de membros inferiores com 3 repetições de 30 segundos cada;
- Coleta de força na contração isocinética concêntrica de extensão e flexão do joelho sorteado: três repetições máximas na velocidade de 60° por segundo;
- Dois minutos de repouso;
- Coleta de força na contração isocinética concêntrica de extensão e flexão do joelho sorteado: três repetições máximas na velocidade de 90° por segundo;
- Coleta de força na contração isocinética concêntrica de extensão e flexão no outro joelho: três repetições máximas com velocidade de 60° por segundo;
- Dois minutos de repouso;
- Coleta de força na contração isocinética concêntrica de extensão e flexão no outro joelho: três repetições máximas com velocidade de 90° por segundo.

Com o intuito de minimizar a variabilidade intra-indivíduo dos atletas cegos, foi acrescentada uma sessão a mais de coleta de força de contração isométrica para os músculos envolvidos na preensão manual e extensores do tronco.

Além disso, não foram oferecidos estímulos verbal e visual para os voluntários videntes e cegos com intuito de minimizar a variabilidade ocasionada pela motivação.

#### **- Registro polissonográfico**

O registro do sono através da polissonografia foi realizado no Instituto do Sono da AFIP e teve por objetivo determinar a macroestrutura do sono e a existência de possíveis distúrbios do sono. Mais ainda, determinar possíveis variações no sono dos atletas cegos quando estivessem em momentos de fase ou fora de fase com o meio ambiente.

A coleta iniciou na noite que precedeu a coleta da temperatura corporal sendo realizado registro apenas em uma noite para os voluntários videntes e três para os atletas cegos. Para tanto, utilizou-se o equipamento Alice® para registro do sono.

Como referência para classificação dos estágios do sono foi utilizada às normas padronizadas por Rechtschaffen e Kales (1968), com registro simultâneo de: eletrencefalograma (EEG), eletrooculograma (EOG), eletromiografia (EMG), eletrocardiograma (ECG) e fluxo aéreo nasal.

Foram utilizados 14 canais, dos quais três foram para registro EEG, dois para EOG, um para EMG submentoniana, um para EMG tibial, um para ECG, um para registro de posição corpórea, dois para movimentos tóraco-abdominal, um para fluxo aéreo, um para oximetria de pulso e um para registro de som traqueal. Como critério para filtros de alta e baixa frequência, foi utilizado os critérios de

Cooper e colaboradores (1974) para a constante de tempo e a sensibilidade para cada um destes canais.

O registro EEG foi obtido pela colocação de eletrodos nas posições C3/A2, C4/A1, 01/A2, 02/A1 de acordo com o sistema internacional 10-20 (Jasper, 1958). O registro EOG foi obtido com a colocação de eletrodos que permitiram a medida da voltagem entre a porção anterior e posterior do globo ocular, que é realizado a partir de duas derivações, uma do ângulo ocular externo direito com referência na orelha contralateral e outra do ângulo ocular externo esquerdo para a orelha contralateral (Rechtschaffen e Kales, 1968).

Para avaliação respiratória foram utilizadas cintas para a avaliação da movimentação tóraco-abdominal (cintas: torácica e a abdominal); sensor de fluxo aéreo posicionado na saída dos orifícios nasais e bucais e o sensor de dedo para a oximetria posicionada sobre a face dorsal e palmar de uma das falanges distais.

Para registro de tônus muscular com o EMG os eletrodos foram posicionados nas regiões mentonianas e submentonianas. Também foram posicionados eletrodos no músculo tibial anterior de ambas as pernas possibilitando o registro de possíveis movimentos de pernas.

Assim, obtiveram-se as seguintes variáveis do sono (Rechtschaffen e Kales, 1968):

- Início do sono: hora que se inicia o sono;
- Tempo de registro (TR): tempo, em minuto, referente ao intervalo entre o início e o fim do registro;
- Tempo total de sono (TTS): tempo gasto dormindo, ou seja, é a somatória, em minutos, dos estágios de sono 1, 2, 3, 4 e REM durante o período total de sono;

- Eficiência de sono: proporção entre o tempo total de sono e o tempo de registro;
- Latência para início de sono: tempo, em minutos, do apagar das luzes até ocorrer três épocas consecutivas de estágio 1 ou um episódio de qualquer outro estágio do sono;
- Latência sono REM: tempo, em minutos, entre o primeiro episódio de sono até o primeiro episódio de sono REM;
- Tempo acordado no período total de sono: tempo, em minutos, que o voluntário fica acordado durante o período total de sono;
- Índice de despertar: número de despertares por hora;
- Porcentagem de estágios 1, 2, 3, 4 e REM: porcentagem de tempo gasto respectivamente nos estágios 1, 2, 3, 4 e REM durante o tempo total de sono.

#### **- Registro actigráfico**

O registro actigráfico foi realizado ao longo da pesquisa e teve por objetivo monitorar longitudinalmente o sono dos voluntários, uma vez que é um método de registro da atividade motora através dos movimentos do braço. Assim, os voluntários iniciaram seu uso logo após a primeira sessão de coleta de dados. O actígrafo utilizado foi o Mini Motionlogger Actigraph-Baisc 32 C (Ambulatory Monitoring, Inc., Ardsley, USA).

A coleta de dados foi programada para ocorrer em épocas de 1 minuto, sendo a análise computadorizada para a inferência dos parâmetros de sono feita de acordo com o algoritmo proposto por Cole e colaboradores (1992) e disponível

no programa computacional Action W – versão 2.4.17 (Ambulatory Monitoring, Inc., Ardsley, USA).

Os voluntários foram instruídos a utilizar o actígrafo no braço não-dominante e foram permitidas as retiradas durante o banho ou em situações de atividade intensa como treinamento.

Os parâmetros actigráficos analisados foram (Souza et al., 2003):

- Tempo total de sono: tempo total de sono em minutos durante o período noturno;
- Tempo acordado durante tempo total de sono: tempo acordado, em minutos, durante o sono;
- Porcentagem de sono: porcentagem em minutos do tempo total de sono durante o período noturno;
- Latência para sono: tempo em minutos para iniciar as primeiras 20 épocas que contenham no mínimo 19 minutos de sono.

## **Análise dos Dados**

A determinação das acrofases (picos) da temperatura corporal e da força de contração muscular (isométrica ou isocinética concêntrica) para cada uma das três visitas foi feita com o método cosinor, que consiste em ajustar uma função cosseno a uma série temporal de dados (Benedito-Silva, 2003; programa computacional Cosana versão 3.1.). Para tanto, adotou-se nível de significância de 5%.

Posteriormente, ao ser detectado ritmo circadiano da variável em mais de uma visita, foi utilizado o método estatístico de regressão linear sendo o dia da

visita a variável independente (por exemplo, dias 1, 8 e 22) e as acrofases da temperatura corporal e da força, nestes dias, como variável dependente. Assim, foi determinado o coeficiente angular da reta de regressão linear (o valor referente à inclinação da reta), que ao ser somado a 24 horas resulta na estimativa do período endógeno (Sack et al., 1992; Lockley et al., 1997; Sack et al., 2000).

Dessa forma, um ritmo foi considerado sincronizado quando o valor do período circadiano igualava-se a 24 horas, ou seja, 24 horas mais o valor zero do coeficiente angular da reta (equivalente a nenhuma inclinação da reta) e em livre-curso quando os valores diferissem desse padrão. Em casos ambíguos, o critério de decisão adotado foi à utilização da reta de regressão linear que expressasse maior valor do coeficiente de determinação ( $r^2$ ) e que também fornecesse um valor de tau próximo aos valores esperados (entre 24 e 25 horas, Sack et al., 1992; Kendall et al., 2001).

A comparação entre os grupos de voluntários videntes e de atletas cegos referente à macroestrutura do sono e parâmetros do sono obtidos pela actigrafia foi feita de maneira descritiva. Assim, após a coleta dos dados, os voluntários cegos foram divididos em dois grupos de acordo com os períodos endógenos da temperatura corporal: aqueles com ritmos sincronizados ( $\tau = 24$  h) ou em livre-curso ( $\tau \neq 24$  h). Também, os dados do grupo de voluntários cegos com ritmos em livre-curso foram posteriormente re-classificados em duas condições: para os momentos em que estavam em fase ou fora de fase. Para essa categorização, adotou-se os limites do intervalo de confiança de 95% (IC95%) das acrofases da temperatura corporal dos videntes como critério para determinar os momentos nos quais os atletas cegos estariam em fase (por exemplo, acrofase ocorrendo dentro dos limites do IC 95% do grupo de videntes) ou fora de fase



(fora dos limites do IC 95%). Para a análise actigráfica foi utilizada os dados dos 5 dias seguintes à coleta de temperatura corporal, sendo excluídos os fins de semana e feriados.

## RESULTADOS

---

Os voluntários videntes, de ambos os gêneros (2 homens e 2 mulheres), apresentaram média de idade de  $29,17 \pm 2,06$  anos. No momento da coleta de dados, os voluntários 1, 2 e 3 praticavam exercício físico três vezes por semana nos períodos tarde e noite, enquanto o voluntário 4 não realizava exercício físico ao longo da pesquisa, conforme apresentado na Tabela 1.

Os atletas cegos, de ambos os gêneros (4 homens e 2 mulheres), apresentaram média de idade de  $29,33 (\pm 5,99)$  anos. Há no mínimo 7 anos e máximo 29 anos os atletas estão sem percepção luminosa por causa de glaucoma congênito, catarata ou trauma por arma de fogo. O estado dos olhos variou desde presentes até enucleação em um ou ambos os olhos. Quanto ao perfil esportivo dos atletas, as modalidades esportivas praticadas são: goalball (voluntários 5 e 7), atletismo (voluntários 8 e 9) e futebol (voluntários 6 e 10), com treinos sendo realizados três vezes por semana no período da manhã (no sábado) e noite (durante a semana). No momento da coleta de dados, os voluntários 5, 6 e 7 não estavam em período de treinamento enquanto os voluntários 8, 9 e 10 estavam treinando (ver Tabela 1).

Tabela 1: Descrição do perfil demográfico dos voluntários

Voluntários	Gênero	Idade	Causa da Cegueira	Duração da Perda da Visão	Estado do Olho	Modalidade Esportiva	Treino Durante Estudo
1	feminino	29	-	-	íntegros	corrida	sim
2	masculino	27	-	-	íntegros	corrida e musculação	sim
3	masculino	28	-	-	íntegros	musculação	sim
4	feminino	35	-	-	íntegros	-	não
5	feminino	24	trauma por arma de fogo	18 anos	prótese no olho direito	goalball	não
6	masculino	28	glaucoma congênito	26 anos	ambos presentes	futebol	não
7	feminino	23	glaucoma congênito	13 anos	prótese em ambos	goalball	não
8	masculino	38	trauma por arma de fogo	7 anos	prótese em ambos	atletismo	sim
9	masculino	28	glaucoma congênito	14 anos do olho direito e 8 anos do olho esquerdo	prótese no olho direito	atletismo	sim
10	masculino	35	glaucoma e catarata congênito	29 anos	ambos presentes	futebol	sim

### - Ritmo circadiano da temperatura corporal

A temperatura corporal dos voluntários videntes apresentou ritmo circadiano ( $p < 0,05$ ) com acrofase ocorrendo no período da tarde e intervalo de confiança entre 14:11h e 18:12h, conforme apresentado na Tabela 2 (os Anexos 3 e 4 apresentam um exemplo de ritmo circadiano da temperatura corporal do voluntário vidente 1 e os parâmetros rítmicos da temperatura dos voluntários videntes).

Tabela 2: Acrofases do ritmo circadiano da temperatura corporal dos voluntários videntes

Voluntários	Acrofase (hh:mm)
1	17:36
2	16:53
3	15:20
4	14:56
Média	16:11 ( $\pm 1:16$ )
limite inferior do IC: 14:11h, limite superior do IC:18:12h	

Nos atletas cegos, a temperatura corporal apresentou ritmicidade circadiana ( $p < 0,05$ ) e, em alguns momentos, com valores máximos ocorrendo em diferentes horários do dia, ao longo do estudo, conforme observado a Tabela 3 (o Anexo 4 contém os parâmetros rítmicos da temperatura corporal dos atletas cegos).

Tabela 3: Acrofases da temperatura corporal em cada uma das visitas dos atletas cegos, período endógeno ( $\pm dp$ ) e coeficiente de determinação ( $r^2$ ) da reta de regressão

Atletas	Acrofase (hh:mm)			Período Endógeno (h)	
	1ª Visita	2ª Visita	3ª Visita	tau ( $\pm dp$ )	$r^2$
5	12:30	15:01	15:09	25,3 ( $\pm 0,6$ )	0,94
6	10:06	14:35	16:29	25,5 ( $\pm 0,5$ )	0,96
7	15:56	15:02	14:54	24,0 ( $\pm 0,0$ )	0,60
8	15:05	15:00	14:40	24,0 ( $\pm 0,0$ )	0,75
9	18:41	22:31	03:52	24,4 ( $\pm 0,2$ )	0,92
10	12:21	18:25	19:32	25,6 ( $\pm 0,8$ )	0,91

Notas: A análise da acrofase da temperatura corporal foi pelo método cosinor ( $p < 0,05$ ). O período endógeno (tau) = 24 horas + coeficiente angular da reta de regressão linear. Coeficiente de determinação ( $r^2$ ) = porcentagem da variância total das acrofases da temperatura corporal explicadas pela hora do dia.

A análise de regressão linear ajustada as acrofases da temperatura corporal das três visitas resultou na estimativa de períodos endógenos (taus) com valores superiores a 24 horas para quatro atletas cegos (voluntários 5, 6, 9 e 10), ou seja, as acrofases da temperatura corporal mostraram atrasos ao longo do estudo, sugestivo da presença de ritmo circadiano em livre-curso. Também foi observado que os voluntários 7 e 8 (ambos com prótese em ambos os olhos) apresentaram período endógeno com valor de 24 horas (ou muito próximo disso), sugestivo de ritmo circadiano sincronizado, conforme observado na Tabela 3 e Figura 2.

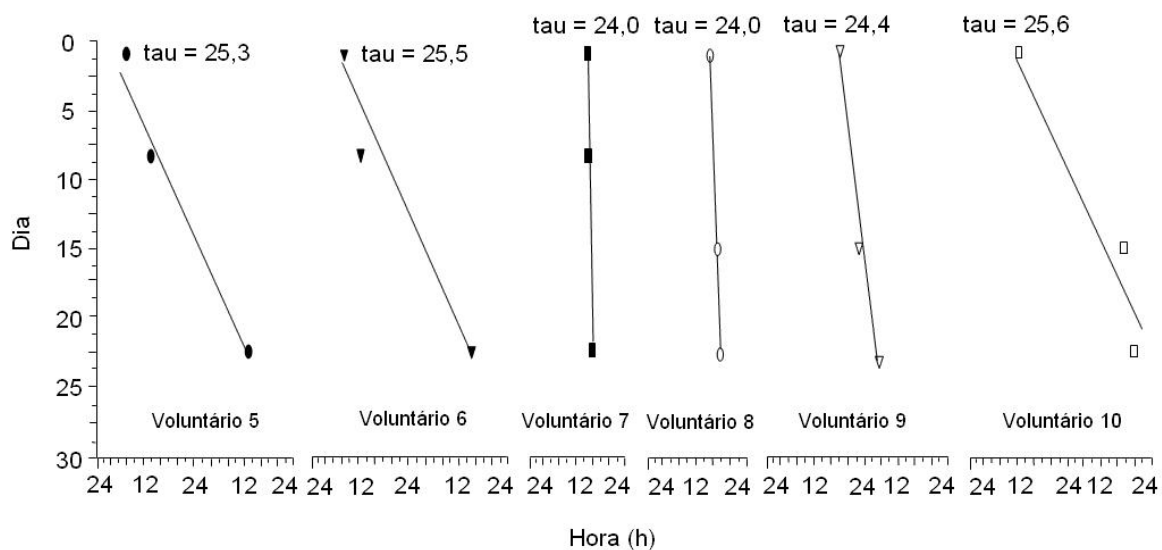


Figura 2: Ritmo circadiano da temperatura corporal dos atletas cegos. Os dias do estudo estão mostrados no eixo vertical e a hora do dia está mostrada no eixo horizontal. Os símbolos representam os momentos das acrofases. O período circadiano foi estimado através de uma reta de regressão linear (representada pelas linhas) ajustada às acrofases.

#### - Ritmo circadiano da força de contração isométrica dos músculos envolvidos na preensão manual e nos extensores do tronco

Conforme demonstrado na Tabela 4, a força de contração isométrica dos músculos envolvidos na preensão manual da mão dominante nos voluntários videntes exibiu ritmicidade circadiana ( $p < 0,05$ ), apresentando sua acrofase no final da tarde e início da noite respectivamente às 17:26h e 18:54h para mão dominante esquerda e direita. O voluntário 2 não realizou esta coleta uma vez que relatou sentir dor durante a execução do movimento. Contudo, como demonstrado na Tabela 4, não foi possível observar flutuação circadiana na força de contração isométrica dos músculos envolvidos na preensão manual da mão não dominante (os Anexos 3 e 5 contêm um exemplo de ritmo circadiano da força de contração

isométrica da mão dominante e não dominante do voluntário vidente 1 e os parâmetros rítmicos da força de preensão manual da mão dominante e não dominante dos voluntários videntes).

Tabela 4: Acrofases da força de contração isométrica dos músculos envolvidos na preensão manual da mão dominante e não dominante no grupo de voluntários videntes (n=4)

	Acrofase Mão Dominante (hh:mm)	Acrofase Mão Não Dominante (hh:mm)
Direita	18:54 (n=2)*	04:26 (n=2)
Esquerda	17:26 (n=1)*, +	18:09 (n=2)
Média	18:10	11:17

\*  $p < 0,05$ , + excluiu-se o voluntário 2 por sentir dor durante a coleta.

Como mostra a Tabela 5, em relação ao ritmo circadiano da força de contração isométrica dos músculos extensores do tronco (região lombar) dos voluntários videntes foram observados os seguintes padrões: o voluntário 2 apresentou ritmo circadiano da força com acrofase ocorrendo às 19:22h, o voluntário 1 apresentou uma tendência a apresentar acrofase às 17:53h ( $p=0,06$ ) e o voluntário 3 não apresentou ritmo circadiano ( $p=0,16$ ). O voluntário 4 não realizou esta coleta pois relatou dor no momento da execução do teste (o Anexo 6 apresenta os parâmetros rítmicos da força de contração isométrica dos músculos extensores do tronco dos voluntários videntes).

Tabela 5: Acrofases da força de contração isométrica dos músculos extensores do tronco no grupo de voluntários videntes (n=4)

Voluntário	Acrofase (hh:mm)	p
1	17:53	0,06
2	19:22	0,05
3	14:10	0,16
Média	17:08	-

Nos atletas cegos, a força de contração isométrica dos músculos envolvidos na preensão manual (mão dominante e não dominante) e de contração isométrica dos músculos extensores do tronco apresentou valores máximos (acrofases) ocorrendo em diferentes momentos do dia, conforme Tabela 6. Entretanto, nem sempre foi possível calcular o período endógeno da força, desde que os parâmetros determinados pelo método cosinor não foram estatisticamente significante ( $p>0,05$ , Tabela 6), inviabilizando a sua determinação a partir do cálculo da regressão linear (os Anexos 5 e 6 contêm os parâmetros rítmicos da força de contração das mãos e dos músculos extensores do tronco dos atletas cegos).

Tabela 6: Acrofases da força na contração isométrica dos músculos envolvidos na preensão manual das mãos dominante e não dominante e dos músculos extensores do tronco no grupo de atletas cegos

Atletas	Acrofase da Força de Contração Isométrica						Acrofase da Força de		
	Mão Dominante			Mão Não Dominante			Contração Isométrica		
	(hh:mm)			(hh:mm)			das Costas (hh:mm)		
	1 <sup>a</sup>	2 <sup>a</sup>	3 <sup>a</sup>	1 <sup>a</sup>	2 <sup>a</sup>	3 <sup>a</sup>	1 <sup>a</sup>	2 <sup>a</sup>	3 <sup>a</sup>
	Visita	Visita	Visita	Visita	Visita	Visita	Visita	Visita	Visita
5	04:07	ns	ns	05:02	ns	13:19	ns	ns	ns
6	05:19	19:15	17:38	ns	ns	20:23	09:22	21:51	15:58
7	19:03	ns	22:00	ns	ns	ns	ns	ns	ns
8	14:35	19:47	ns	ns	20:10	08:27	ns	ns	ns
9	ns	14:47	ns	ns	13:44	ns	ns	14:48	14:57
10	18:17	17:06	14:35	ns	ns	ns	19:19	15:03	17:13

ns = valores não significantes para a acrofase ( $p>0,05$ ).



Como se pode observar na Tabela 7 e Figuras 3 a 5, os voluntários 5, 6, 7, 8 e 10 apresentaram valores superiores a 24 horas para o período endógeno da força de contração isométrica (seja para os músculos envolvidos na preensão manual ou para os músculos envolvidos na extensão do tronco), sugestivo da presença de ritmos circadianos em livre-curso. Já o voluntário 9, portador de prótese no olho direito e que estava em período de treinamento durante as avaliações, apresentou período endógeno com valor de 24 horas sugestivo de ritmo circadiano sincronizado.

Tabela 7: Período endógeno ( $\pm$  dp) e coeficiente de determinação ( $r^2$ ) para força de contração isométrica dos músculos envolvidos na preensão manual da mão dominante e não dominante e dos músculos envolvidos na extensão do tronco dos atletas cegos

Voluntários	Mão Dominante		Mão Não Dominante		Tronco	
	tau ( $\pm$ dp)	$r^2$	tau ( $\pm$ dp)	$r^2$	tau ( $\pm$ dp)	$r^2$
5	-	-	25,5 ( $\pm$ 0,0)	1	-	-
6	25,6 ( $\pm$ 0,9)	0,90	-	-	25, 4 ( $\pm$ 0,7)	0,92
7	24,1 ( $\pm$ 0,0)	1	-	-	-	-
8	24,7 ( $\pm$ 0,0)	1	24,9 ( $\pm$ 0,0)	1	-	-
9	-	-	-	-	24,0 ( $\pm$ 0,0)	1
10	26, 0 ( $\pm$ 0,7)	0,91	-	-	26,1 ( $\pm$ 0,4)	0,99

Notas: Período endógeno (tau) = 24 horas + coeficiente angular da reta de regressão linear. Coeficiente de determinação ( $r^2$ ) = porcentagem da variância total das acrofases da força explicadas pela hora do dia. “-” = período endógeno não estimado em virtude da presença de parâmetro circadiano significativo em somente uma das três visitas.

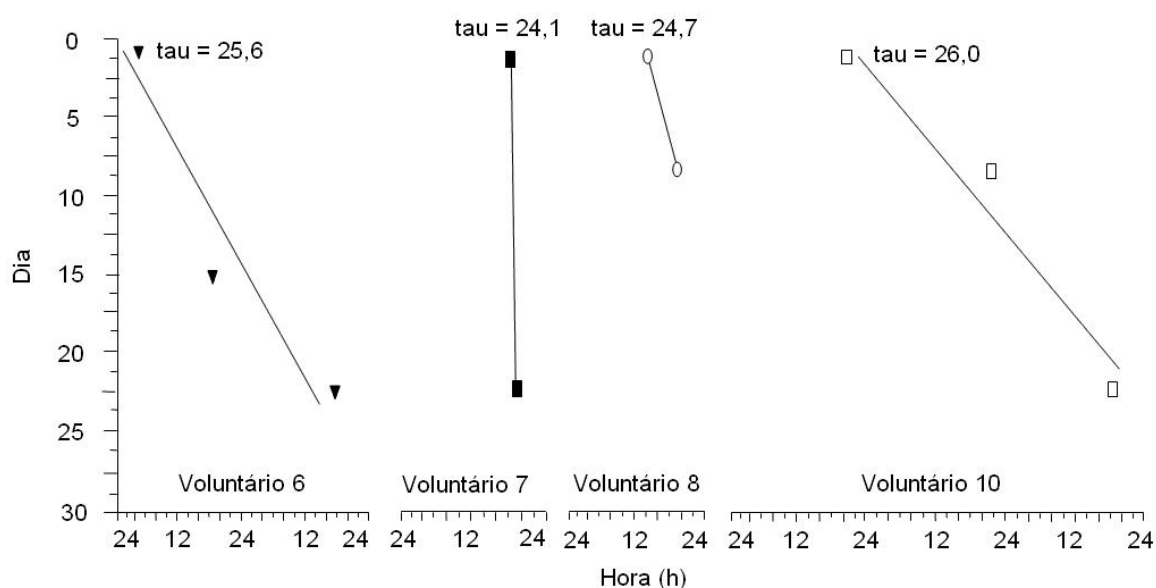


Figura 3: Ritmo circadiano da força de contração dos músculos envolvidos na preensão manual da mão dominante dos atletas cegos. Os dias do estudo estão mostrados no eixo vertical e a hora do dia está mostrada no eixo horizontal. Os símbolos representam os momentos das acrofases. O período circadiano foi estimado através de uma reta de regressão linear (representada pelas linhas) ajustada as acrofases.

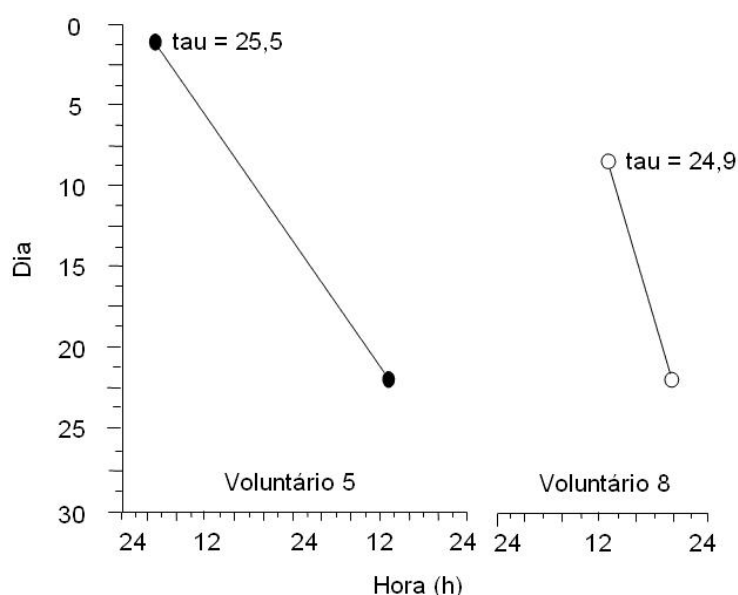


Figura 4: Ritmo circadiano da força de contração dos músculos envolvidos na preensão manual da mão não dominante dos atletas cegos. Os dias do estudo estão mostrados no eixo vertical e a hora do dia está mostrada no eixo horizontal. Os símbolos representam os momentos das acrofases. O período circadiano foi estimado através de uma reta de regressão linear (representada pelas linhas) ajustada as acrofases.

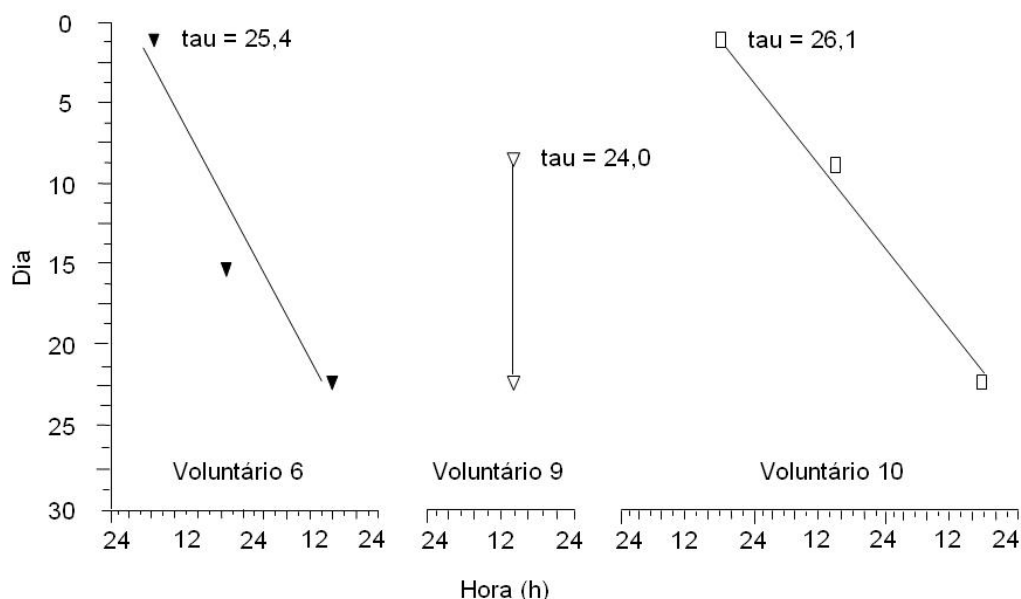


Figura 5: Ritmo circadiano da força de contração dos músculos extensores do tronco dos atletas cegos. Os dias do estudo estão mostrados no eixo vertical e a hora do dia está mostrada no eixo horizontal. Os símbolos representam os momentos das acrofases. O período circadiano foi estimado através de uma reta de regressão linear (representada pelas linhas) ajustada as acrofases.

Assim, o conjunto desses resultados mostra que 3 dos 6 atletas cegos (voluntários 5, 6 e 10) apresentaram valores do período endógeno superiores a 24 horas tanto para temperatura corporal quanto para força de contração isométrica. Em contrapartida, dois atletas (voluntários 7 e 8) apresentaram períodos superiores a 24 horas para a força de contração isométrica mas não para a temperatura corporal e um deles (voluntário 9) apresentou um padrão inverso, quer seja, período endógeno da temperatura corporal superior a 24 horas e da força de contração isométrica igual a 24 horas.

**- Ritmo circadiano da força de contração isocinética concêntrica de extensão e flexão do joelho a 60°/seg e 90°/seg**

Na maioria das vezes e para ambos os grupos, as acrofases estimadas pelo método cosinor não foram significativas. Em somente 8 das 164 avaliações realizadas apresentaram ritmicidade circadiana da força de contração isocinética concêntrica, seja de extensão ou flexão dos joelhos nas velocidades 60°/seg ou 90°/seg, conforme apresentado na Tabela 8 (o Anexo 7 contém os parâmetros rítmicos da força de contração isocinética do joelho dos voluntários videntes e atletas cegos).

Tabela 8: Valores das acrofases da força de contração isocinética concêntrica de extensão e flexão dos joelhos direito e esquerdo nas velocidades de 60°/seg e 90°/seg para os voluntários videntes e cegos. Os valores em negrito referem-se à presença de ritmo circadiano da força ( $p < 0,05$ )

	Voluntários	Condição Visual	Acrofase no 1° dia (hh:mm)				Acrofase no 2° dia (hh:mm)				Acrofase no 3° dia (hh:mm)			
			FD	FE	ED	EE	FD	FE	ED	EE	FD	FE	ED	EE
60°/seg	1	Vidente	15:54	15:29	19:32	18:00	-	-	-	-	-	-	-	-
	2	Vidente	19:26	18:05	15:15	21:41	-	-	-	-	-	-	-	-
	3	Vidente	04:43	20:25	12:52	16:02	-	-	-	-	-	-	-	-
	4	Vidente	22:48	21:15	09:50	22:01	-	-	-	-	-	-	-	-
	5	Cego	15:35	07:20	17:04	05:39	09:03	09:52	07:34	06:42	15:42	18:26	12:14	18:45
	6	Cego	21:14	05:31	12:03	17:41	11:59	00:02	10:42	00:35	05:05	11:04	<b>06:58</b>	16:43
	7	Cego	<b>15:53</b>	02:45	13:13	22:32	13:01	04:24	03:14	22:10	23:27	17:49	12:14	14:15
	8	Cego	24:18	13:43	02:48	21:24	08:48	16:30	13:03	09:09	14:37	23:18	23:46	<b>18:33</b>
	9	Cego	09:28	05:28	24:30	11:03	10:17	09:38	11:57	11:33	02:39	11:47	22:15	16:14
	10	Cego	04:06	02:03	09:10	20:16	03:08	21:56	17:57	02:35	03:46	<b>19:16</b>	14:03	01:42
90°/seg	1	Vidente	16:06	14:38	16:55	14:38	-	-	-	-	-	-	-	-
	2	Vidente	19:00	11:05	15:00	23:36	-	-	-	-	-	-	-	-
	3	Vidente	14:29	00:33	18:15	<b>13:21</b>	-	-	-	-	-	-	-	-
	4	Vidente	19:22	21:44	23:21	00:33	-	-	-	-	-	-	-	-
	5	Cego	17:07	17:34	19:11	07:00	23:36	11:23	06:05	08:31	15:32	18:26	<b>16:11</b>	15:55
	6	Cego	17:28	24:03	15:57	13:34	04:01	23:54	05:58	18:22	09:57	02:47	09:55	02:17
	7	Cego	04:01	02:32	14:54	17:58	11:44	09:28	23:56	07:30	23:20	17:36	13:10	19:17
	8	Cego	09:27	09:03	09:12	02:17	11:49	19:11	07:43	10:16	17:18	23:04	22:17	21:20
	9	Cego	10:59	15:22	09:47	09:30	12:20	06:12	11:51	<b>08:32</b>	13:01	17:29	19:02	22:04
	10	Cego	05:37	18:36	04:22	23:19	22:31	23:19	<b>18:16</b>	23:11	13:58	14:43	14:36	15:44

FD: flexão do joelho direito, FE: flexão do joelho esquerdo, ED: extensão do joelho direito, EE: flexão do joelho esquerdo.

## **- Sono**

Quanto às características do sono, a seguir é apresentada a tabela contendo o padrão de referência polissonográfica (Rechtschaffen e Kales, 1968) e os dados dos voluntários videntes e dos atletas cegos.

De maneira geral, a eficiência do sono dos atletas com ritmos em livre-curso nos momentos em fase e fora de fase com o meio ambiente, é aparentemente menor do que os atletas sincronizados e os videntes. Também foram observadas porcentagens menores de Estágio 3 e 4 e maiores porcentagens de Estágio REM para o grupo vidente quando comparado com o grupo de atletas cegos com ritmos sincronizados ou em livre-curso, conforme apresentado na Tabela 9.

A Tabela 9 mostra também os parâmetros polissonográficos dos voluntários videntes e dos atletas cegos. Os resultados mostraram semelhanças entre os valores obtidos no grupo de videntes e os valores de referência. Também, poucas diferenças foram observadas na comparação entre eles e os atletas cegos, com exceção da maior latência para o sono REM entre esses. Contudo, em comparação aos momentos em que foram considerados como em fora de fase, os dados sugerem uma melhor qualidade do sono (menor índice de despertar e maior porcentagem de estágio 3) nos atletas cegos quando estão em fase.

Tabela 9: Parâmetros polissonográficos dos voluntários videntes e atletas cegos

	Valor de referência*	Videntes (n=4) Média (dp)	Atletas Cegos Sincronizados (n=2)	Atletas Cegos (n=4)	
				Em Fase Média (dp)	Fora de Fase Média (dp)
Início Sono (hh:mm)	-	22:10 (±01:04)	22:12 (±01:12)	23:03 (±00:32)	22:43 (±00:15)
Tempo de Registro (min)	-	446,50 (±49,53)	478,50 (±20,51)	430,25 (±26,86)	453,75 (±29,45)
Tempo Total de Sono (min)	-	396,25 (±32,72)	400,50 (±12,02)	317,38 (±124,27)	325,88 (±117,21)
Eficiência Sono (%)	> que 85%	88,98 (±02,70)	83,75 (±01,06)	73,13 (±26,02)	70,95 (±21,73)
Latência Sono (min)	≤ 30 min	16,88 (±07,19)	02,50 (±01,41)	12,00 (±11,29)	09,50 (±05,79)
Latência Sono REM (min)	70 a 120 min	68,63 (±11,15)	206,75 (±119,85)	97,38 (±72,97)	113,50 (±57,10)
Tempo Acordado Período Total de Sono (min)	-	28,13 (±18,65)	54,00 (±17,68)	38,25 (±41,45)	88,75 (±94,18)
Índice de Despertar (nº/h)	-	60,38 (±02,99)	05,10 (±03,54)	04,30 (±01,63)	04,90 (±02,39)
% Estágio 1	2 a 5 %	00,90 (±01,01)	01,30 (±01,41)	02,40 (±01,67)	02,40 (±01,99)
% Estágio 2	45 a 55%	64,93 (±06,28)	69,45 (±17,61)	53,05 (±06,89)	60,33 (±08,02)
% Estágio 3	3 a 8%	02,40 (±00,54)	02,70 (±00,57)	04,35 (±02,67)	02,85 (±00,66)
% Estágio 4	10 a 15%	10,50 (±06,08)	13,35 (±12,94)	19,93 (±07,59)	21,50 (±09,74)
% Estágio REM	20 a 25%	21,28 (±04,53)	13,30 (±02,69)	20,25 (±11,34)	12,95 (±04,28)

\* - valores de referência segundo Rechtschaffen e Kales, 1968.

## **- Actigrafia**

Os parâmetros de sono obtidos pela actigrafia mostraram que, comparados aos videntes, os atletas cegos, independentemente se sincronizados ou com ritmos em livre-curso, apresentaram maior latência para o sono e tiveram maior tempo de vigília durante os episódios de sono com conseqüente diminuição da eficiência do sono. Embora com episódios de sono mais longos quando em fase, o tempo de vigília também foi elevado, o que contribuiu para uma porcentagem de sono discretamente menor quando em fase em comparação à quando estavam fora de fase (conforme apresentado na Tabela 10).

Conforme observado na Tabela 10 e no Anexo 9, aqueles com ritmos em livre-curso iniciaram o sono em momentos semelhantes, e com a mesma variabilidade, quando nos momentos em fase e fora de fase. Estes resultados sugerem que o início do sono não sofreu atrasos diários embora o ritmo em livre-curso da temperatura corporal. Em comparação a eles, os voluntários videntes e os atletas com ritmos sincronizados tenderam a iniciar o sono mais cedo.



Tabela 10: Comparação actigráfica do padrão de sono dos voluntários videntes, dos atletas cegos sincronizados e dos atletas cegos em livre-curso, em fase e fora de fase.

	Videntes (n=4) Média (dp)	Atletas Cegos com Ritmos Circadianos	Atletas Cegos com Ritmos em Livre Curso (4)	
		Sincronizados (n=2) Média (dp)	Em Fase Média (dp)	Fora de Fase Média (dp)
Início do sono (hh:mm)	22:33 (±01:36)	22:53 (± 00: 28)	23:13 (±01:25)	23:16 (± 01:23)
Tempo Total de Sono (TTS; min)	388,95 (±32,56)	384,70 (±06,93)	353,00 (±79,66)	307,10 (±73,96)
Tempo Acordado Durante TTS (min)	23,95 (±13,72)	72,50 (±10,32)	110,35 (±70,12)	80,05 (±82,82)
Porcentagem de Sono (%)	94,26 (±02,93)	89,51 (±06,17)	84,37 (±10,91)	86,90 (±14,70)
Latência Sono (min)	11,20 (±06,42)	33,90 (±34,65)	41,70 (±45,42)	33,85 (±41,75)

## DISCUSSÃO

---

Os resultados verificados em nossa pesquisa a partir das análises da temperatura corporal e da força de contração isométrica apontaram para a existência de um período endógeno superior a 24 horas em 50% dos atletas cegos voluntários do estudo (voluntários 1, 2 e 6). No que se refere à temperatura corporal, tal proporção de indivíduos cegos com ritmos em livre-curso está em conformidade com os resultados observados por Sack e colaboradores (1992) e Klerman e colaboradores (1998). A existência de ritmos em livre-curso em indivíduos cegos para as variáveis fisiológicas analisadas atesta a importância do ciclo claro-escuro como agente sincronizador do ritmo circadiano da temperatura corporal e do ritmo circadiano da força isométrica em humanos.

Nossos resultados, obtidos com a utilização da temperatura corporal como parâmetro fisiológico para se avaliar a ritmicidade circadiana, conferem com os já descritos na literatura pela presença de dois tipos de evidências: a primeira, obtida junto aos indivíduos videntes e dois indivíduos cegos (atletas 7 e 8), com ritmos circadianos sincronizados e com acrofases ocorrendo nos momentos esperados (período da tarde, Waterhouse et al., 2005) e a segunda, obtida junto a quatro indivíduos cegos (atletas cegos 5, 6, 9 e 10), com ritmos circadianos em livre-curso, cujas acrofases apresentaram um padrão de atrasos consecutivos ao longo dos dias (Orth et al., 1979; Nakagawa et al., 1992).

Contudo, a presença de expressão rítmica na força de contração isométrica nem sempre foi evidente, o que, conseqüentemente, inviabilizou o cálculo do período endógeno de alguns dos atletas cegos. Suspeita-se que o ocorrido esteja relacionado com a grande variabilidade obtida nos resultados da força isométrica, capaz de dificultar a determinação da ritmicidade circadiana.

Outro dado que merece destaque refere-se aos casos de sincronização em somente uma das variáveis estudadas, seja à força de contração isométrica ou a temperatura corporal. Assim, apesar dos voluntários 7 e 8 terem apresentado períodos de 24h para a temperatura corporal, no que se refere a força de contração isométrica, os mesmos apresentaram valores respectivamente de 24,1h e 24,7h. O oposto foi observado para o voluntário 9, que apresentou ritmo sincronizado da força de contração isométrica da musculatura de extensão do tronco e em livre-curso para temperatura corporal (tau de 24,4h). Possivelmente esses são casos representativos de ritmos endógenos sincronizados por estímulos não-fóticos.

Embora a luz seja considerada o principal estímulo sincronizador, acumulam-se evidências de que estímulos não-fóticos, tais como a regularidade nas atividades sociais, exercício físico e ritmo da alimentação são em algumas circunstâncias capazes de sincronizar os ritmos circadianos (Klerman et al., 1998; Mistlberger e Skene, 2005). Vale ressaltar que os indivíduos cegos voluntários de nosso estudo eram atletas e que apresentavam um período de treinamento durante a semana no início da noite e aos sábados durante a manhã. Nesse contexto, destacam-se os resultados encontrados em pesquisas científicas que mostram avanços de fase em resposta ao exercício físico no início da noite (antes do início de secreção de melatonina) e atrasos em resposta ao exercício físico no

final da manhã (Mistlberger e Skene, 2005). Se a prática de exercício físico funcionou como agente sincronizador em tais atletas cegos, esta foi somente capaz de sincronizar um ou outro ritmo circadiano, mas não ambos. Diante disso, pode-se especular que, a força sincronizadora de estímulos não-fóticos apresenta uma variação tanto inter-individual quanto intra-individual, possibilidade que merece futura investigação, particularmente no que se refere ao papel do exercício físico como agente sincronizador.

Com relação à força de contração isocinética concêntrica máxima de extensão e flexão dos joelhos direito e esquerdo nas velocidades 60°/seg e 90°/seg em indivíduos cegos e videntes, em diferentes momentos do dia, os resultados permitem duas observações. A primeira, a ausência de ritmicidade circadiana ao longo do dia para ambos os grupos (indivíduos videntes e cegos), uma vez que 95,5% do total das ocasiões (flexão direita, flexão esquerda, extensão direita e extensão esquerda dos joelhos) não apresentaram flutuação circadiana. A segunda refere-se aos 4,5% restantes, que apresentaram ritmo circadiano sem que seja observado um padrão segundo o movimento e/ou a velocidade de contração muscular.

Os estudos na literatura a respeito da ritmicidade circadiana da força de contração isocinética concêntrica não são consensuais. O primeiro, desenvolvido por Cabri e colaboradores (1988), não mostrou evidência da presença de ritmos circadianos. Nesta investigação, 12 voluntários (previamente acostumados a realizarem exercício de força) realizaram máxima força de contração isocinética concêntrica do joelho em 6 momentos diferentes do dia (02:00h, 06:00h, 10:00h, 14:00h, 18:00h e 22:00h) na velocidade de 60°/seg, com dados analisados coletivamente pelo método do cosinor. Entretanto, em nosso estudo, a análise

pelo método cosinor foi feita individualmente, e mesmo assim não foi possível detectar a presença de um ritmo circadiano.

No segundo estudo, realizado por Deshene e colaboradores, (1998), foi observado ritmo circadiano para força de contração isocinética concêntrica do joelho somente em velocidades altas ( $180^{\circ}/\text{seg}$ ) e não para velocidades baixas ( $60^{\circ}/\text{seg}$  e  $90^{\circ}/\text{seg}$ ). Os autores sugerem que o tipo de recrutamento de fibras motoras e o ritmo da temperatura corporal possam ser os responsáveis pela expressão do ritmo circadiano deste tipo de força. Assim, supõe-se que a velocidade do pico de torque estaria relacionada com o padrão de recrutamento das unidades motoras rápidas e, que apesar das unidades motoras lentas estarem presentes, estas não participam da ação, devido suas características contráteis. Associado a esta suposição, os autores sugerem que o ritmo circadiano da temperatura corporal influencia a expressão do ritmo circadiano da velocidade de condução nervosa e da sensibilidade e eficiência neuromuscular. Dessa maneira, o tipo de recrutamento muscular, bem como o ritmo circadiano da temperatura corporal, seriam os responsáveis pela determinação do padrão do ritmo circadiano da força de contração isocinética concêntrica para as velocidades altas em oposição às baixas velocidades.

Por fim, o terceiro estudo, que analisou a presença de ritmo circadiano da força de contração isocinética concêntrica máxima, verificou a presença de ritmo circadiano em velocidade baixa ( $60^{\circ}/\text{seg}$ ) apenas para os voluntários do gênero feminino sendo que, entre os voluntários do gênero masculino, o ritmo foi observado em velocidade alta ( $180^{\circ}/\text{seg}$ ). Em contrapartida, não foram observados ritmos circadianos tanto em velocidade alta para o gênero feminino

quanto em velocidade baixa para o gênero masculino. Como mencionado anteriormente, acredita-se que a diferença observada no ritmo circadiano entre os gêneros tenha decorrido do padrão da temperatura corporal. Isto porque os homens apresentaram uma quantidade maior de massa muscular, promovendo maior ganho de calor. Além disso, fatores metodológicos, como o tamanho da amostra (menor para o gênero feminino em relação ao masculino) e a variabilidade (maior no gênero feminino em decorrência da heterogeneidade da condição física), e outros fatores como a motivação e o ciclo sono-vigília podem ter sido limitantes para a observação dos ritmos circadianos nas velocidades altas e baixas segundo o gênero (Giacomoni et al., 2005).

Apesar de nossa pesquisa não ter verificado ritmo circadiano da força de contração isocinética concêntrica máxima na maioria das coletas realizadas, destaca-se que dentre os voluntários videntes, o voluntário 3 expressou flutuação circadiana com pico de força ocorrendo no início da tarde (13:21h), ou seja, próximo à acrofase encontrada por Giacomoni e colaboradores (2005), mas não tão próximo ao pico encontrado em outras pesquisas (entre 18:00h e 19:00h, Wyse et al., 1994).

Para os voluntários cegos que apresentaram ritmo circadiano da força de contração isocinética concêntrica máxima, pôde-se observar picos ocorrendo em diferentes momentos do dia. Apesar disso, não é possível inferir a existência de ritmo circadiano em livre-curso (tau diferente de 24:00h) uma vez que não foi determinado o período endógeno, desde que em somente uma das visitas foi possível estimar a acrofase. Assim, os voluntários 7 e 8, que apresentaram ritmos sincronizados para a temperatura corporal, apresentaram também acrofases da força de contração isocinética concêntrica ocorrendo respectivamente às 15:53h e

18:33h, momentos próximos aos relatados por Wyse e colaboradores (1994). Este é um indício de que os ritmos circadianos de contração isométrica também estariam sincronizados com o ambiente.

Nesse sentido, conclui-se que a força de contração isocinética concêntrica máxima dos joelhos envolve diversas variáveis do desempenho físico como, por exemplo, o tipo de recrutamento de fibras motoras, a velocidade do exercício e a temperatura corporal, as quais, no seu conjunto, podem contribuir para o mascaramento da expressão de sua ritmicidade circadiana. Outro fator que também pode ter contribuído para a não detecção da ritmicidade circadiana foi à metodologia adotada. Nesse sentido, se a variação dos resultados da força de contração isocinética concêntrica é alta, é possível que o número de coletas realizadas (seis momentos ao longo do dia) tenha sido insuficiente.

O padrão do sono observado na análise polissonográfica dos voluntários videntes e dos atletas cegos apresentou-se próximo aos padrões de referência (Kryger, 2005). No entanto, se considerado o índice de eficiência do sono como a medida principal da qualidade do sono, tanto para os registros polissonográficos quanto actigráficos, nossos resultados sugerem uma discreta redução entre os atletas cegos, não tão marcantes, contudo, como as descritas na literatura (Nakagawa et al., 1992; Leger et al., 1996; Tabandeh et al., 1998; Leger et al., 1999; Sack e Lewy, 2001). Tendo em vista os estudos mostrando os efeitos benéficos da atividade física sobre o sono, é possível especular que a condição de serem indivíduos fisicamente ativos conferiu a eles uma melhor qualidade do sono (Kubitz et al., 1996; Sherrill et al., 1998; Driver e Taylor, 2000).

Enfim, por ser uma linha de pesquisa recente, ainda não são completamente compreendidos os mecanismos responsáveis pela flutuação de

variáveis do desempenho físico ao longo do dia. Nesse sentido, sabendo-se que tanto a força de contração isométrica quanto a temperatura corporal são expressões da flutuação circadiana do relógio biológico, permanece a questão sobre qual seria o mecanismo do relógio biológico responsável pela expressão da ritmicidade circadiana na força de contração isométrica.



## CONCLUSÃO

---

Como observado, a maioria dos voluntários (83%) apresentou ritmo circadiano da força de contração isométrica em livre-curso evidenciado por atrasos nas acrofases. Destes, 60% também apresentaram ritmo circadiano da temperatura corporal com período endógeno superior a 24 horas. Assim, a presente pesquisa conclui que parcela dos atletas cegos apresenta ritmo circadiano da temperatura corporal e/ou da força de contração isométrica em livre-curso, indicativo de que o ciclo claro-escuro é um importante agente sincronizador do ritmo circadiano para esta variável do desempenho físico.

A expressão do ritmo circadiano significativa da força de contração isocinética do joelho em velocidades baixas não foi consistentemente observada. A apreciação dessa conclusão deve, contudo, ser considerada à luz de outros fatores, como por exemplo, os motivacionais, o recrutamento de fibras motoras lentas e a temperatura corporal as quais, no seu conjunto, podem ter contribuído para o mascaramento da expressão de sua ritmicidade circadiana. Também, é possível que a relativamente baixa frequência de pontos coletados ao longo do dia e o pequeno tamanho amostral tenham contribuído para a ocorrência de erro tipo II.

Com relação ao padrão de sono dos voluntários, embora não tenha sido observada diferenças marcantes entre os grupos e entre os valores de referência, pode-se concluir que os atletas cegos, quando comparados aos videntes,

apresentaram o início do sono, em média, ocorrendo mais tarde, sem, contudo, se caracterizar por atrasos constantes com o passar dos dias e apresentaram também uma discreta redução na eficiência do sono.

Enfim, que seja de nosso conhecimento, a identificação de ritmos em livre-curso da força de contração isométrica em atletas cegos é única na literatura científica. Diante disso, a presente pesquisa apresenta uma relevante implicação prática entre atletas cegos, se considerarmos que um indivíduo sincronizado, inserido em uma sociedade de 24 horas, terá maiores chances de ter uma qualidade de vida melhor e um melhor desempenho físico. Assim, nossos resultados podem contribuir para o desenvolvimento de linhas de pesquisas como a do desempenho esportivo de atletas cegos com ritmos em livre-curso e o papel de possíveis agentes sincronizadores não-fóticos, tais como o exercício.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

---

1. Atkinson G, Reilly T. Circadian variation in sports performance. *Sports Med* 1996;21:292-312.
2. Benedito-Silva AA. Aspectos metodológicos da Cronobiologia. In: Marques N, Menna-Barreto L. *Cronobiologia: princípios e aplicações*. 3 ed. São Paulo: EDUSP; 1997. p. 215-38.
3. Buijs RM, van Eden CG, Goncharuk VD, Kalsbeek A. The biological clock tunes the organs of the body: timing by hormones and the autonomic nervous system. *J Endocrinol* 2003;177(1):17-26.
4. Cabanac M, Hildebrandt G, Massonnet B, Strempel H. A study of the nycthemeral cycle of behavioural temperature regulation in man. *J Physiol* 1976;257(2):275-91.
5. Cabri J, De Witte B, Clarys JP, Reilly T, Strass D. Circadian variation in blood pressure responses to muscular exercise. *Ergonomics* 1988;31(11):1559-65.
6. Coldwells A, Atkinson G, Reilly T. Sources of variation in back and leg dynamometry. *Ergonomics* 1994;37:79-86.
7. Cooper R, Osselton JW, Shaw JC. *EEG Technology*. London: Butterworths; 1974.
8. Deschenes MR, Kraemer WJ, Bush JA, Doughty TA, Kim D, Mullen KM, et al. Biorhythmic influences on functional capacity of human muscle and physiological responses. *Med Sci Sports Exerc* 30(9):1399-407.
9. Dijk DJ, Czeisler CA. Paradoxical timing of the circadian rhythm of sleep propensity serves to consolidate sleep and wakefulness in humans. *Neurosci Lett* 1994;17;166(1):63-8.

10. Driver HS, Taylor SR. Exercise and sleep. *Sleep Med Rev* 2000;4(4):387-402.
11. Fleck SJ, Kraemer WJ. Basic principles of resistance training and exercise prescription. In: Fleck SJ, Kraemer WJ. *Designing resistance training programs*. 2 ed. USA: Human Kinetics. 1997. p. 3-11.
12. Giacomoni M, Edwards B, Bambaiechi E. Gender differences in the circadian variations in muscle strength assessed with and without superimposed electrical twitches. *Ergonomics* 2005;15;48(11-14):1473-87.
13. Greenes DS, Fleisher GR. Accuracy of a noninvasive temporal artery thermometer for use in infants. *Arch Pediatr Adolesc Med* 2001;155(3):376-81.
14. Harkness JA, Richter MB, Panagi GS, Van de Pete K, Linger A, Pownall R, et al. Circadian variation in disease activity in rheumatoid arthritis. *Brit Med J* 1982;284:551-5.
15. Inouye ST, Kawamura H. Persistence of circadian rhythmicity in a mammalian hypothalamic "island" containing the suprachiasmatic nucleus. *Proc Natl Acad Sci USA* 1979;76(11):5962-6.
16. Jasper HH. The ten twenty electrode system of the International Federation. *Electroencephalogr. Clin. Neurophysiol* 1958;10:371-375.
17. Kendall AR, Lewy AJ, Sack RL. Effects of aging on the intrinsic circadian period of totally blind humans. *J Biol Rhythms* 2001;16(1):87-95.
18. Klein T, Martens H, Dijk DJ, Kronauer RE, Seely EW, Czeisler CA. Circadian sleep regulation in the absence of light perception: chronic non-24-hour circadian rhythm sleep disorder in a blind man with a regular 24-hour sleep-wake schedule. *Sleep* 1993;16(4):333-43.
19. Klerman EB, Rimmer DW, Dijk DJ, Kronauer RE, Rizzo JF 3rd, Czeisler CA. Nonphotic entrainment of the human circadian pacemaker, *Am J Physiol* 1998;274:R991-6.
20. Kubitz KA, Landers DM, Petruzzello SJ, Han M. The effects of acute and chronic exercise on sleep. A meta-analytic review. *Sports Med* 1996;21(4):277-91.
21. Lavie P. Ultrashort sleep-waking schedule. III. 'Gates' and 'forbidden zones' for sleep. *Electroencephalogr Clin Neurophysiol* 1986;63(5):414-25.
22. Leger D, Guilleminault C, Defrance R, Domont A, Paillard M, Blindness and sleep patterns. *Lancet* 1996;348(9030):830-1.

23. Leger D, Guilleminault C, Defrance R, Domont A, Paillard M. Prevalence of sleep/wake disorders in persons with blindness. *Clin Sci (Lond)* 1999;97(2):193-9.
24. Lehman MN, Silver R, Gladstone WR, Kahn RM, Gibson M, Bittman EL. Circadian rhythmicity restored by neural transplant. Immunocytochemical characterization of the graft and its integration with the host brain. *J Neurosci* 1987;7(6):1626-38.
25. Lewy AJ, Newsome DA. Different types of melatonin circadian secretory rhythms in some blind subjects. *J Clin Endocrinol Metab* 1983;56:1103-7.
26. Lewy AJ, Emens J, Sack RL, Hasler BP, Bernert RA. Zeitgeber hierarchy in humans: resetting the circadian phase positions of blind people using melatonin. *Chronobiol Int* 2003;20(5):837-52.
27. Lockley SW, Skene DJ, Tabandeh H, Bird AC, Defrance R, Arendt J. Relationship between napping and melatonin in the blind. *J Biol Rhythms* 1997;12(1):16-25.
28. Lund H, Sondergaard K, Zachariassen T, Christensen R, Bulow P, Henriksen M, et al. Learning effect of isokinetic measurements in healthy subjects, and reliability and comparability of Biodex and Lido dynamometers. *Clin Physiol Funct Imaging*. 2005;25(2):75-82.
29. Marques N, Menna-Barreto. *Cronobiologia: princípios e aplicações*. São Paulo: EDUSP. 2003, 3 ed. p.435.
30. Mathiowetz V. Comparison of Rolyan and Jamar dynamometers for measuring grip strength. *Occup Ther Int*. 2002;9(3):201-9.
31. McClung CR. Plant circadian rhythms. *Plant Cell* 2006;18(4):792-803.
32. Meijer JH, Schwartz WJ. In search of the pathways for light-induced pacemaker resetting in the suprachiasmatic nucleus. *J Biol Rhythms* 2003;18(3):235-249.
33. Miles LEM, Raynal DM, Wilson MA. Blind man living in normal society has circadian rhythms of 24.9 hours. *Science* 1977;198:421-3.
34. Mistlberger RE, Skene DJ. Nonphotic entrainment in humans? *J Biol Rhythms* 2005;20(4):339-52.
35. Moore RY. *Circadian Rhythm: basic neurobiology and clinical applications*. *Annu Rev Med* 1997;48:253-266.

36. Moore RY. Circadian Timing. In: Zigmond MJ, Bloom FE, Landis SC, Roberts JL, Squire LR. *Fundamental Neuroscience*. Nova York: Academic Press. 1999, p. 1189-1206.
37. Moore RY, Speh JC, Leak RK. Suprachiasmatic nucleus organization. *Cell Tissue Res* 2002;309:89-98.
38. Nakagawa H, Sack RL, Lewy AJ. Sleep propensity free-runs with the temperature, melatonin and cortisol rhythms in a totally blind person. *Sleep* 1992;15(4):330-6
39. Orth DN, Besser GM, King PH, Nicholson WE. Free-running circadian plasma cortisol rhythm in blind human subject. *Clin Endocrinol* 1979;10:603-617.
40. Peirson S, Foster RG. Melanopsin: another way of signaling light. *Neuron* 2006;2;49(3):331-9.
41. Rechtschaffen A, Kales A. *Manual of standardized terminology, techniques, and scoring system for sleep stages of human subjects*. Brain Information Service/Brain Research Institute, UCLA, Los Angeles, 1968.
42. Reilly T, Atkinson G, Waterhouse J. *Biological rhythms and exercise*. Nova York: Oxford University Press. 1997, p. 162.
43. Sack RL, Brandes RW, Kendall AR, Lewy AJ. Entrainment of free-running circadian rhythms by melatonin in blind people. *N Engl J Med* 2000;12;343(15):1070-7.
44. Sack RL, Lewy AJ. Circadian rhythm sleep disorders: lessons from the blind. *Sleep Med Rev* 2001;5(3):189-206.
45. Sack RL, Lewy AJ, Blood ML, Keith LD, Nakagawa H. Circadian rhythm abnormalities in totally blind people: incidence and clinical significance. *J Clin Endocrinol Metab* 1992;75(1):127-134.
46. Selmaoui B, Touitou Y. Reproducibility of the circadian rhythms of serum cortisol and melatonin in healthy subjects: a study of three different 24-h cycles over six weeks. *Life Sci* 2003;14;73(26):3339-49.
47. Sherrill DL, Kotchou K, Quan SF. Association of physical activity and human sleep disorders. *Arch Intern Med* 1998;28;158(17):1894-8.
48. Shochat T, Luboshitzky R, Lavie P. Nocturnal melatonin onset is phase locked to the primary sleep gate. *Am J Physiol* 1997;273:R364-370.

49. Souza L, Benedito-Silva AA, Pires ML, Poyares D, Tufik S, Calil HM. Further validation of actigraphy for sleep studies. *Sleep* 2003;1;26(1):81-5.
50. Stiller JW, Postolache TT. Sleep-wake and other biological rhythms: functional neuroanatomy. *Clin Sports Med* 2005;2:205-235.
51. Tabandeh H, Lockley SW, Buttery R, Skene DJ, DeFrance R, Arendt J, et al. Disturbance of sleep in blindness. *Am J Ophthalmol* 1998;126(5):707-12.
52. Tzischinsky O, Shlitner A, Lavie P. The association between the nocturnal sleep gate and nocturnal onset of urinary 6-sulfatoxymelatonin. *J Biol Rhythms* 1993;8:199-209.
53. Waterhouse J, Drust B, Weinert D, Edwards B, Gregson W, Atkinson G, et al. The circadian rhythm of core temperature: origin and some implications for exercise performance. *Chronobiol Int* 2005;22(2):207-225.
54. Wyse JP, Mercer TH, Gleeson NP. Time-of-day dependence of isokinetic leg strength and associated interday variability. *Br J Sports Med* 1994;28(3):167-70.
55. Zhao Z, Xie Y, Fu Y, Li, Y Bogdan A, Touitou Y. Circadian rhythm characteristics of serum cortisol and dehydroepiandrosterone sulfate in healthy Chinese men aged 30 to 60 years. A cross-sectional study. *Steroids* 2003;68:133-138.

## ABSTRACT

---

The light-dark cycle is the main environment and temporal stimulus that synchronizes the endogenous biological rhythm to the external 24 hours day. In blind people, the internal system expresses an endogenous rhythm (free-running rhythm), frequently different from 24h. Since the muscle strength is one of the biological variables that is controlled by the biological clock, we questioned: Is it possible that this variable also expresses a free-running rhythm? The aim of this study was to determine the circadian rhythm patterns of core body temperature, the isometric and isokinetic force, and secondly, the sleep pattern of blind athletes. Six blind athletes (4 men and 2 women) and 4 normal sight people (2 men and 2 women) participated on this research. They were admitted to laboratory in three different occasions separated by 1 or 2 week to measure temporal artery temperature each hour during a 24h period. The grip and back isometric force and concentric isokinetic force were collected in six equally distributed time points (02:00h, 06:00h, 10:00h, 14:00h, 18:00h e 22:00h) with minimal interval of 8 hours between them. In the night before of body temperature measurements, the athletes were submitted to a polysomnographic recording. Actigraphs were worn during all the study. Cosinor and linear regression were used to analyze the data from core body temperature and strength. Sleep data were submitted to descriptive analysis. The results showed endogenous periods higher than 24h



(free-running rhythm) for 3 of the 6 blind athletes, for both temperature and isometric forces. The other volunteers seem to be synchronized because they showed circadian period near to 24 h in at least one variable (core temperature or isometric force). Sighted volunteers showed circadian rhythm of temperature and isometric force with acrophases occurring between 16:00h and 19:00h. In most occasions and for both groups, circadian fluctuation of concentric isokinetic force for flexion and extension of knees in the velocities 60°/seg e 90°/seg were uncertain because they were not observed. The sleep pattern for blind and sighted subjects were quite similar to the reference values, although the blind athletes showed a slightly reduction in the sleep efficiency. In conclusion, part of the blind athletes showed free-running rhythms of temperature and isometric force, the expression of concentric isokinetic force is uncertain and blind athletes showed a slightly reduction in the sleep efficiency.

## ANEXO 1

**Carta de Aprovação do Comitê de Ética em Pesquisa do Hospital São  
Paulo da Universidade de São Paulo**



Universidade Federal de São Paulo  
Escola Paulista de Medicina

Comitê de Ética em Pesquisa  
Hospital São Paulo

São Paulo, 18 de fevereiro de 2005.  
CEP 1574/04

Ilmo(a). Sr(a).  
Pesquisador(a) MARCO TÚLIO DE MELLO  
Disciplina/Departamento: Psicobiologia/Medicina e Biologia do Sono da  
Universidade Federal de São Paulo/Hospital São Paulo

Ref: Projeto de pesquisa intitulado: "Ritmos circadianos da força em atletas cegos".

Prezado(a) Pesquisador(a),

O Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Federal de São Paulo/Hospital São Paulo **ANALISOU e APROVOU** o projeto de pesquisa acima referenciado.

Conforme resolução 196/96 do Conselho Nacional de Saúde são deveres do pesquisador:

1. Comunicar toda e qualquer alteração do projeto e do termo de consentimento. Nestas circunstâncias a inclusão de pacientes deve ser temporariamente interrompida até a resposta do Comitê, após análise das mudanças propostas.
2. Comunicar imediatamente ao Comitê qualquer evento adverso ocorrido durante o desenvolvimento do estudo.
3. Os dados individuais de todas as etapas da pesquisa devem ser mantidos em local seguro por 5 anos para possível auditoria dos órgãos competentes.
4. Apresentar primeiro relatório parcial em **17/agosto/2005**.
5. Apresentar segundo relatório parcial em **13/fevereiro/2006**.

Atenciosamente,

Prof. Dr. José Osmar Medina Pestana  
Coordenador do Comitê de Ética em Pesquisa da  
Universidade Federal de São Paulo/ Hospital São Paulo

"Ressaltamos que é de essencial importância que seja verificado, antes da divulgação dos processos e/ou resultados obtidos nesta pesquisa, se os mesmos são potencialmente patenteáveis ou passíveis de outras formas de proteção intelectual/industrial. A proteção por meio do depósito de patente, ou de outras formas de proteção da propriedade intelectual, evita a ação indevida de terceiros e confere maior segurança quando da publicação dos resultados da pesquisa."

## ANEXO 2

---

### Ilustração do Termômetro e dos Dinamômetros Utilizados



Foto 1: Ilustração do termômetro para coleta de temperatura da artéria temporal - Exergen Temporal Scanner TAT-5000

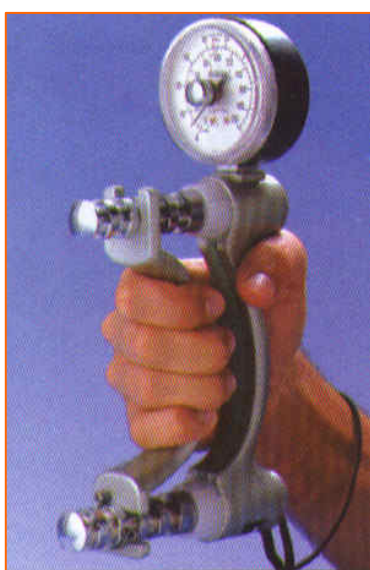


Foto 2: Ilustração do dinamômetro de contração isométrica dos músculos envolvidos na preensão manual - Jamar Hand Dynamometer



Foto 3: Ilustração do dinamômetro para coleta de força de contração isométrica dos músculos extensores do tronco - Takei Physical Fitness Test Back A5002



Foto 4: Ilustração do dinamômetro para coleta de força de contração isocinética concêntrica dos joelhos - Biodex Multi - Joint System 3

## ANEXO 3

**Figuras do Ritmo Circadiano da Temperatura Corporal e Força de Contração Isométrica dos Músculos Envolvidos na Preensão Manual da Mão Dominante e Não Dominante do Voluntário 1**

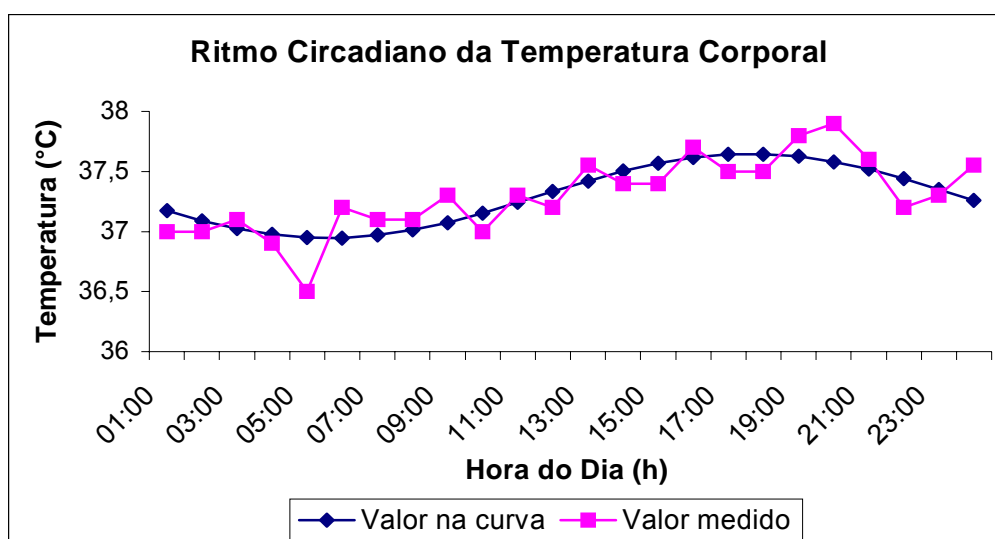


Figura 7: Ritmo circadiano da temperatura corporal,  $p < 0,05$

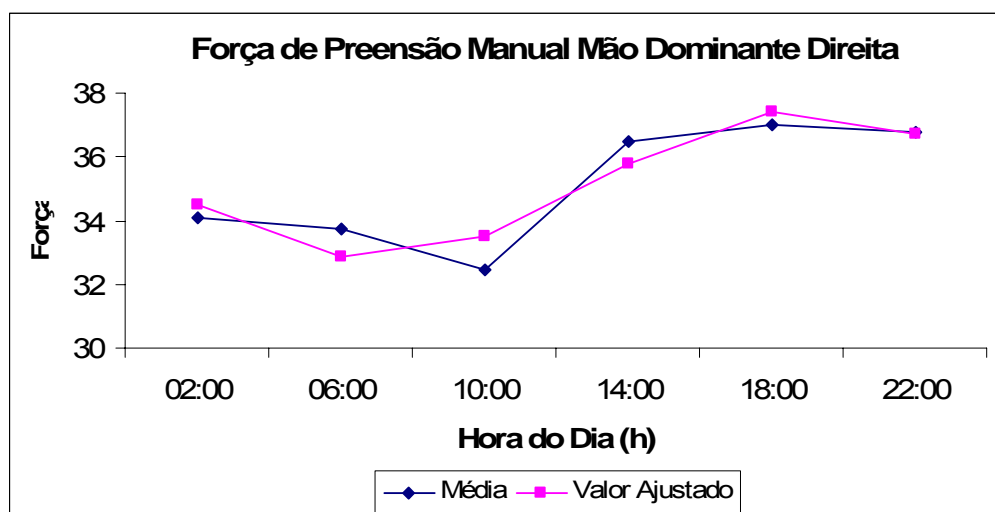


Figura 8: Ritmo circadiano da força de contração isométrica dos músculos envolvidos na preensão manual da mão dominante,  $p < 0,05$

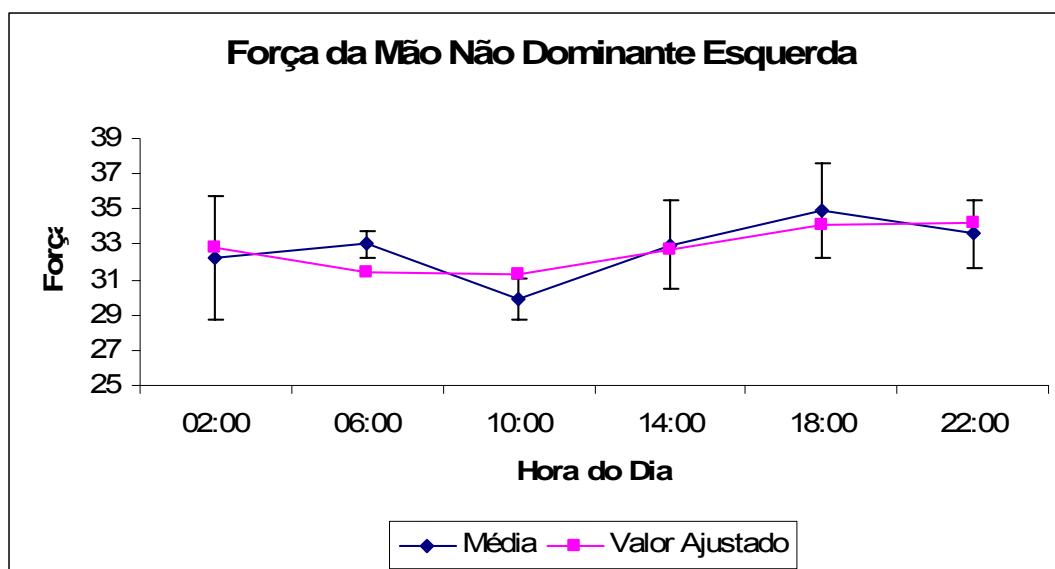


Figura 9: Ritmo circadiano da força de contração isométrica dos músculos envolvidos na preensão manual da mão não dominante,  $p > 0,05$

**ANEXO 4****Ritmo Circadiano da Temperatura Corporal****Videntes**

Tabela 9: Ritmo Circadiano da Temperatura Corporal

Participantes	Pico (°C)	Mesor (°C)	Amplitude (°C)	Acrofase (hh:mm)
1	37,50	37,30	0,35	17:36
2	37,05	36,86	0,36	16:53
3	37,09	37,00	0,30	15:20
4	37,02	36,91	0,20	14:56
média	37,17	37,02	0,30	16:11

p&lt;0,000

**Atletas cegos****Voluntário 5**

Tabela 10: Ritmo Circadiano da Temperatura Corporal do Voluntário 5

Visitas	Pico (°C)	Mesor (°C)	Amplitude (°C)	Acrofase (hh:mm)
1ª Visita	37,07	36,95	0,11	12:30
2ª Visita	37,22	36,91	0,32	15:01
3ª Visita	37,20	37,00	0,20	15:09

p&lt;0,05

**Voluntário 6**

Tabela 11: Ritmo Circadiano da Temperatura Corporal do Voluntário 6

Visitas	Pico (°C)	Mesor (°C)	Amplitude (°C)	Acrofase (hh:mm)
1ª Visita	37,07	36,87	0,20	10:06
2ª Visita	37,31	36,96	0,35	14:35
3ª Visita	37,14	36,79	0,36	16:29

p&lt;0,05

## Voluntário 7

Tabela 12: Ritmo Circadiano da Temperatura Corporal do Voluntário 7

Visitas	Pico (°C)	Mesor (°C)	Amplitude (°C)	Acrofase (hh:mm)
1ª Visita	37,20	37,00	0,20	15:56
2ª Visita	37,31	37,01	0,31	15:02
3ª Visita	37,35	37:06	0,30	14:54

p&lt;0,05

## Voluntário 8

Tabela 13: Ritmo Circadiano da Temperatura Corporal do Voluntário 8

Visitas	Pico (°C)	Mesor (°C)	Amplitude (°C)	Acrofase (hh:mm)
1ª Visita	37,28	36,98	0,16	15:05
2ª Visita	37,12	36,98	0,14	15:00
3ª Visita	36,95	36,87	0,08	14:40

p&lt;0,05

## Voluntário 9

Tabela 14: Ritmo Circadiano da Temperatura Corporal do Voluntário 9

Visitas	Pico (°C)	Mesor (°C)	Amplitude (°C)	Acrofase (hh:mm)
1ª Visita	36,94	36,86	0,08	18:41
2ª Visita	36,94	36,88	0,06	22:31
3ª Visita	37,06	36,84	0,22	03:52

p&lt;0,05

## Voluntário 10

Tabela 15: Ritmo Circadiano da Temperatura Corporal do Voluntário 10

Visitas	Pico (°C)	Mesor (°C)	Amplitude (°C)	Acrofase (hh:mm)
1ª Visita	36,69	36,63	0,06	12:21
2ª Visita	36,93	36,74	0,20	18:25
3ª Visita	36,87	36:74	0,13	19:32

p&lt;0,05



## ANEXO 5

### Acrofase do Ritmo Circadiano da Força de Contração Isométrica dos Músculos Envolvidos na Preensão Manual da Mão Dominante e Não Dominante

#### Videntes

Tabela 16: Ritmo circadiano da força de contração isométrica dos músculos envolvidos na preensão manual da mão dominante

Mão Dominante	Acrofase (hh:mm)	Mesor (Kg)	Amplitude (Kg)
Direita (n=2)*	18:54	35,13	2,32
Esquerda (n=1)*, +	17:26	52,64	17,26
Média	18:10	43,89	9,79

+ - excluiu-se voluntário por relato de dor, \*- p<0,05

Tabela 17: Ritmo circadiano da força de contração isométrica dos músculos envolvidos na preensão manual da mão não dominante

Mão não Dominante	Acrofase (hh:mm)	Mesor (Kg)	Amplitude (Kg)
Esquerda (n=2)	04:26	34,17	0,82
Direita (n=2)	18:09	46,93	1,43
Média	11:17	40,55	1,12

#### Atletas cegos

Voluntário 5 (mão dominante: direita)

Tabela 18: Acrofase da força de contração isométrica dos músculos envolvidos na preensão manual

Voluntário	Acrofase Mão Direita (hh:mm)	Acrofase Mão Esquerda (hh:mm)
1ª Visita	04:07*	05:02*
2ª Visita	03:34	18:00
3ª Visita	06:17	13:19*

\* = p<0,05

Voluntário 6 (mão dominante: esquerda)

Tabela 19: Acrofase da força de contração isométrica dos músculos envolvidos na preensão manual

Voluntário	Acrofase Mão Direita (hh:mm)	Acrofase Mão Esquerda (hh:mm)
1ª Visita	13:13	05:19*
2ª Visita	19:43	19:15*
3ª Visita	20:23*	17:38*

\* =  $p < 0,05$

Voluntário 7 (mão dominante: direita)

Tabela 20: Acrofase da força de contração isométrica dos músculos envolvidos na preensão manual

Voluntário	Acrofase Mão Direita (hh:mm)	Acrofase Mão Esquerda (hh:mm)
1ª Visita	19:03*	01:00
2ª Visita	09:24	16:17
3ª Visita	22:00*	19:24

\* =  $p < 0,05$

Voluntário 8 (mão dominante: direita)

Tabela 21: Acrofase da força de contração isométrica dos músculos envolvidos na preensão manual

Voluntário	Acrofase Mão Direita (hh:mm)	Acrofase Mão Esquerda (hh:mm)
1ª Visita	14:35*	09:43
2ª Visita	19:47*	20:10*
3ª Visita	05:16	08:27*

\* =  $p < 0,05$

Voluntário 9 (mão dominante: direita)

Tabela 22: Acrofase da força de contração isométrica dos músculos envolvidos na preensão manual

Voluntário	Acrofase Mão Direita (hh:mm)	Acrofase Mão Esquerda (hh:mm)
1ª Visita	17:01	16:49
2ª Visita	14:47*	13:44*
3ª Visita	20:58	18:22

\* =  $p < 0,05$

Voluntário 10 (mão dominante: esquerda)

Tabela 23: Acrofase da força de contração isométrica dos músculos envolvidos na preensão manual

Voluntário	Acrofase Mão Direita (hh:mm)	Acrofase Mão Esquerda (hh:mm)
1ª Visita	07:21	18:17*
2ª Visita	04:22	17:06*
3ª Visita	16:58	14:35*

\* =  $p < 0,05$

## ANEXO 6

### Acrofase do Ritmo Circadiano da Força de Contração Isométrica dos Músculos Extensores do Tronco

#### Videntes

Tabela 24: Ritmo circadiano força de contração isométrica dos músculos extensores do tronco no grupo de voluntários videntes (n=4)

Voluntário	Acrofase (hh:mm)	Mesor (Kgf)	Amplitude (Kgf)
1	17:53	52,33	5,09
2*	19:22	115,20	9,87
3	14:10	107,75	6,67
Média	17:08	91,76	7,21

\*-  $p < 0,05$ , voluntário 4 abandonou a coleta por relato de dor

#### Atletas cegos

Tabela 25: Acrofase da força de contração isométrica dos músculos extensores do tronco no grupo de atletas cegos

Voluntário	Voluntário 5	Voluntário 6	Voluntário 7	Voluntário 8	Voluntário 9	Voluntário 10
1ª Visita	11:08	09:22*	19:37	18:23	14:20	19:19*
2ª Visita	16:24	21:51*	02:13	09:28	15:39*	15:03*
3ª Visita	10:00	15:58*	17:01	13:04	14:57*	17:13*

\* =  $p < 0,05$

## ANEXO 7

### Resultados Acrofase do Ritmo Circadiano da Força de Contração Isocinética Concêntrica de Flexão e Extensão dos Joelhos à 60°/seg e 90°/seg

#### Videntes

Tabela 26: Acrofase da força de contração isocinética concêntrica de extensão e flexão do joelho direito e esquerdo à 60°/seg

Voluntário	Pico de Força de Extensão Perna Direita 60°/seg (hh:mm)	Pico de Força de Extensão Perna Esquerda 60°/seg (hh:mm)	Pico de Força de Flexão Perna Direita 60°/seg (hh:mm)	Pico de Força de Flexão Perna Esquerda 60°/seg (hh:mm)
1	19:32	18:00	15:54	15:29
2	15:15	21:41	19:26	18:05
3	12:52	16:02	4:43	20:25
4	09:50	22:01	22:48	21:15

p>0,05

Tabela 27: Acrofase da força de contração isocinética concêntrica de extensão e flexão do joelho direito e esquerdo à 90°/seg

Voluntário	Pico de Força de Extensão Perna Direita 90°/seg (hh:mm)	Pico de Força de Extensão Perna Esquerda 90°/seg (hh:mm)	Pico de Força de Flexão Perna Direita 90°/seg (hh:mm)	Pico de Força de Flexão Perna Esquerda 90°/seg (hh:mm)
1	16:55	14:38	16:06	14:38
2	15:01	23:36	19:00	11:05
3	18:15	13:22	14:29	00:31
4	23:21	00:33	19:22	21:44

p>0,05

## Atletas cegos

### Voluntário 5

Tabela 28: Acrofase da força de contração isocinética concêntrica de extensão e flexão do joelho direito e esquerdo à 60°/seg

Voluntário	Pico de Força de Extensão Perna Direita 60°/seg (hh:mm)	Pico de Força de Extensão Perna Esquerda 60°/seg (hh:mm)	Pico de Força de Flexão Perna Direita 60°/seg (hh:mm)	Pico de Força de Flexão Perna Esquerda 60°/seg (hh:mm)
1ª Visita	17:04	05:39	15:35	07:20
2ª Visita	07:34	06:42	09:03	09:52
3ª Visita	12:14	18:45	15:42	18:26

p>0,05

Tabela 29: Acrofase da força de contração isocinética concêntrica de extensão e flexão do joelho direito e esquerdo à 90°/seg

Voluntário	Pico de Força de Extensão Perna Direita 90°/seg (hh:mm)	Pico de Força de Extensão Perna Esquerda 90°/seg (hh:mm)	Pico de Força de Flexão Perna Direita 90°/seg (hh:mm)	Pico de Força de Flexão Perna Esquerda 90°/seg (hh:mm)
1ª Visita	19:11	07:00	17:07	17:34
2ª Visita	06:05	08:31	23:36	11:23
3ª Visita	16:11*	15:55	15:32	18:26

\*= p<0,05

### Voluntário 6

Tabela 30: Acrofase da força de contração isocinética concêntrica de extensão e flexão do joelho direito e esquerdo à 60°/seg

Voluntário	Pico de Força de Extensão Perna Direita 60°/seg (hh:mm)	Pico de Força de Extensão Perna Esquerda 60°/seg (hh:mm)	Pico de Força de Flexão Perna Direita 60°/seg (hh:mm)	Pico de Força de Flexão Perna Esquerda 60°/seg (hh:mm)
1ª Visita	12:03	17:41	21:14	05:31
2ª Visita	10:42	24:35	11:59	24:02
3ª Visita	06:58*	02:17	05:05	11:04

\* = p<0,05

Tabela 31: Acrofase da força de contração isocinética concêntrica de extensão e flexão do joelho direito e esquerdo à 90°/seg

Voluntário	Pico de Força de Extensão Perna Direita 90°/seg (hh:mm)	Pico de Força de Extensão Perna Esquerda 90°/seg (hh:mm)	Pico de Força de Flexão Perna Direita 90°/seg (hh:mm)	Pico de Força de Flexão Perna Esquerda 90°/seg (hh:mm)
1ª Visita	15:57	13:34	17:28	24:03
2ª Visita	05:58	18:22	04:01	23:54
3ª Visita	09:55	02:17	09:57	02:47

p>0,05

Voluntário 7

Tabela 32: Acrofase da força de contração isocinética concêntrica de extensão e flexão do joelho direito e esquerdo à 60°/seg

Voluntário	Pico de Força de Extensão Perna Direita 60°/seg (hh:mm)	Pico de Força de Extensão Perna Esquerda 60°/seg (hh:mm)	Pico de Força de Flexão Perna Direita 60°/seg (hh:mm)	Pico de Força de Flexão Perna Esquerda 60°/seg (hh:mm)
1ª Visita	13:13	22:32	08:20	02:45
2ª Visita	03:14	22:10	13:01	04:24
3ª Visita	12:14	14:15	23:27	17:49

p>0,05

Tabela 33: Acrofase da força de contração isocinética concêntrica de extensão e flexão do joelho direito e esquerdo à 90°/seg

Voluntário	Pico de Força de Extensão Perna Direita 90°/seg (hh:mm)	Pico de Força de Extensão Perna Esquerda 90°/seg (hh:mm)	Pico de Força de Flexão Perna Direita 90°/seg (hh:mm)	Pico de Força de Flexão Perna Esquerda 90°/seg (hh:mm)
1ª Visita	14:54	17:58	04:01	02:32
2ª Visita	23:56	07:30	11:44	09:28
3ª Visita	13:10	19:17	23:20	17:36

p>0,05

## Voluntário 8

Tabela 34: Acrofase da força de contração isocinética concêntrica de extensão e flexão do joelho direito e esquerdo à 60°/seg

Voluntário	Pico de Força de Extensão Perna Direita 60°/seg (hh:mm)	Pico de Força de Extensão Perna Esquerda 60°/seg (hh:mm)	Pico de Força de Flexão Perna Direita 60°/seg (hh:mm)	Pico de Força de Flexão Perna Esquerda 60°/seg (hh:mm)
1ª Visita	02:48	21:24	24:18	13:43
2ª Visita	13:03	08:09	08:48	16:30
3ª Visita	23:46	18:33*	14:37	23:18

p&gt;0,05

Tabela 35: Acrofase da força de contração isocinética concêntrica de extensão e flexão do joelho direito e esquerdo à 90°/seg

Voluntário	Pico de Força de Extensão Perna Direita 90°/seg (hh:mm)	Pico de Força de Extensão Perna Esquerda 90°/seg (hh:mm)	Pico de Força de Flexão Perna Direita 90°/seg (hh:mm)	Pico de Força de Flexão Perna Esquerda 90°/seg (hh:mm)
1ª Visita	09:12	02:17	09:27	01:25
2ª Visita	07:43	10:16	11:49	19:11
3ª Visita	22:17	21:20	17:18	23:04

p&gt;0,05

## Voluntário 9

Tabela 36: Acrofase da força de contração isocinética concêntrica de extensão e flexão do joelho direito e esquerdo à 60°/seg

Voluntário	Pico de Força de Extensão Perna Direita 60°/seg (hh:mm)	Pico de Força de Extensão Perna Esquerda 60°/seg (hh:mm)	Pico de Força de Flexão Perna Direita 60°/seg (hh:mm)	Pico de Força de Flexão Perna Esquerda 60°/seg (hh:mm)
1ª Visita	24:30	11:03	09:28	05:28
2ª Visita	11:57	11:33	10:17	09:38
3ª Visita	22:15	16:14	02:39	11:47

p&gt;0,05



Tabela 37: Acrofase da força de contração isocinética concêntrica de extensão e flexão do joelho direito e esquerdo à 90°/seg

Voluntário	Pico de Força de Extensão Perna Direita 90°/seg (hh:mm)	Pico de Força de Extensão Perna Esquerda 90°/seg (hh:mm)	Pico de Força de Flexão Perna Direita 90°/seg (hh:mm)	Pico de Força de Flexão Perna Esquerda 90°/seg (hh:mm)
1ª Visita	09:45	09:30	10:59	15:22
2ª Visita	11:51	08:32*	12:20	06:12
3ª Visita	19:02	22:04	13:01	17:29

\* =  $p < 0,05$

Voluntário 10

Tabela 38: Acrofase da força de contração isocinética concêntrica de extensão e flexão do joelho direito e esquerdo à 60°/seg

Voluntário	Pico de Força de Extensão Perna Direita 60°/seg (hh:mm)	Pico de Força de Extensão Perna Esquerda 60°/seg (hh:mm)	Pico de Força de Flexão Perna Direita 60°/seg (hh:mm)	Pico de Força de Flexão Perna Esquerda 60°/seg (hh:mm)
1ª Visita	09:10	20:16	04:02	02:03
2ª Visita	17:57	02:35	03:08	21:56
3ª Visita	14:11*	16:43	15:57	18:49

\* =  $p < 0,05$

Tabela 39: Acrofase da força de contração isocinética concêntrica de extensão e flexão do joelho direito e esquerdo à 90°/seg,

Voluntário	Pico de Força de Extensão Perna Direita 90°/seg (hh:mm)	Pico de Força de Extensão Perna Esquerda 90°/seg (hh:mm)	Pico de Força de Flexão Perna Direita 90°/seg (hh:mm)	Pico de Força de Flexão Perna Esquerda 90°/seg (hh:mm)
1ª Visita	04:22	23:19	17:35	18:36
2ª Visita	18:16*	23:11	22:31	23:19
3ª Visita	14:36	15:44	13:58	14:43

\* =  $p < 0,05$

## ANEXO 8

## Resultados da Polissonografia dos Atletas Cegos

## Videntes

Tabela 40a: Padrão polissonográfico de sono dos voluntários videntes

	Início do Sono (hh:mm)	Tempo de Registro (min)	Tempo Total de Sono (min)	Eficiência de Sono (%)	Latência Sono (min)	Latência Sono REM (min)	Tempo Acordado no PTS (min)	Índice de Despertar (nº/h)
Voluntário 1	22:04	501	430.0	85.3	12.0	65.5	55.0	06.1
Voluntário 2	21:59	451	404.0	89.6	27.5	74.5	18.0	02.8
Voluntário 3	23:38	383	351.5	91.8	13.0	54.5	13.5	10.1
Voluntário 4	21:02	448	399.5	89.2	15.0	80.0	26.0	06.5

Tabela 40b: Padrão polissonográfico de sono dos voluntários videntes

	% Estágio 1	% Estágio 2	% Estágio 3	% Estágio 4	% REM
1ª Visita	0.6	58.6	2.7	15.2	22.9
2ª Visita	0.2	73.4	1.9	5.0	19.6
2ª Visita	2.4	62.4	3.0	5.5	26.6
3ª Visita	0.4	65.3	2.0	16.3	16.0

## Atletas cegos

Voluntário 5

Tabela 41a: Padrão polissonográfico de sono do voluntário 5

	Início do Sono (hh:mm)	Tempo de Registro (min)	Tempo Total de Sono (min)	Eficiência de Sono (%)	Latência Sono (min)	Latência Sono REM (min)	Tempo Acordado no PTS (min)	Índice de Despertar (nº/h)
1ª Visita	22:31	482	449.5	93.3	14	155.0	16.0	12.0
2ª Visita	23:06	428	394.5	92.2	10	47.5	19.5	04.0
3ª Visita	23:20	421	403.5	95.8	00	60.5	15.0	02.1

Tabela 41b: Padrão polissonográfico de sono do voluntário 5

	% Estágio 1	% Estágio 2	% Estágio 3	% Estágio 4	% REM
1ª Visita	0.6	64.7	1.9	14.3	18.5
2ª Visita	1.4	41.7	3.0	28.4	25.5
3ª Visita	1.0	51.7	4.1	17.6	25.7

## Voluntário 6

Tabela 42a: Padrão polissonográfico de sono do voluntário 6

	Início do Sono (hh:mm)	Tempo de Registro (min)	Tempo Total de Sono (min)	Eficiência de Sono (%)	Latência Sono (min)	Latência Sono REM (min)	Tempo Acordado no PTS (min)	Índice de Despertar (nº/h)
1ª Visita	22:51	437	195.5	44.7	09	167.0	226.5	5.2
2ª Visita	22:14	480	219.5	45.7	20	65.5	137.5	9.0
3ª Visita	23:41	402	213.0	53.0	26	149.5	24.5	4.8

Tabela 42b: Padrão polissonográfico de sono do voluntário 6

	% Estágio 1	% Estágio 2	% Estágio 3	% Estágio 4	% REM
1ª Visita	3.1	50.6	3.3	33.8	9.2
2ª Visita	7.1	50.1	7.3	28.5	7.1
3ª Visita	2.8	52.3	8.2	31.2	5.4

## Voluntário 7

Tabela 43a: Padrão polissonográfico de sono do voluntário 7

	Início do Sono (hh:mm)	Tempo de Registro (min)	Tempo Total de Sono (min)	Eficiência de Sono (%)	Latência Sono (min)	Latência Sono REM (min)	Tempo Acordado no PTS (min)	Índice de Despertar (nº/h)
1ª Visita	23:03	464	392.0	84.5	3.5	291.5	66.5	2.6
2ª Visita	23:05	452	298.5	66.0	22.5	154.0	47.0	4.8
3ª Visita	22:43	444	373.5	84.1	00.0	304.0	69.5	3.7

Tabela 43b: Padrão polissonográfico de sono do voluntário 7

	% Estágio 1	% Estágio 2	% Estágio 3	% Estágio 4	% REM
1ª Visita	0.3	81.9	2.3	04.2	11.4
2ª Visita	2.5	60.1	4.4	14.1	18.9
3ª Visita	4.0	71.5	6.8	05.9	11.8

## Voluntário 8

Tabela 44a: Padrão polissonográfico de sono do voluntário 8

	Início do Sono (hh:mm)	Tempo de Registro (min)	Tempo Total de Sono (min)	Eficiência de Sono (%)	Latência Sono (min)	Latência Sono REM (min)	Tempo Acordado no PTS (min)	Índice de Despertar (nº/h)
1ª Visita	21:24	508	357.5	70.4	25.5	62.0	31.5	10.6
2ª Visita	21:21	493	409.0	83.0	01.5	122.0	41.5	07.6
3ª Visita	22:15	493	315.0	63.9	03.5	49.0	133.0	17.7

Tabela 44b: Padrão polissonográfico de sono do voluntário 8

	% Estágio 1	% Estágio 2	% Estágio 3	% Estágio 4	% REM
1ª Visita	3.6	63.6	4.3	08.1	20.3
2ª Visita	2.3	57.0	3.1	22.5	15.2
3ª Visita	4.3	57.8	2.9	10.2	24.9

## Voluntário 9

Tabela 45a: Padrão polissonográfico de sono do voluntário 9

	Início do Sono (hh:mm)	Tempo de Registro (min)	Tempo Total de Sono (min)	Eficiência de Sono (%)	Latência Sono (min)	Latência Sono REM (min)	Tempo Acordado no PTS (min)	Índice de Despertar (nº/h)
1ª Visita	22:03	486	112.0	23.0	22.5	39.5	348	10.7
2ª Visita	22:46	432	208.5	48.3	15.5	13.0	100	06.0
3ª Visita	23:00	421	262.5	62.4	13.5	47.5	67	07.3

Tabela 45b: Padrão polissonográfico de sono do voluntário 9

	% Estágio 1	% Estágio 2	% Estágio 3	% Estágio 4	% REM
1ª Visita	8.0	46.9	13.8	11.6	19.6
2ª Visita	4.6	45.8	02.6	15.3	31.7
3ª Visita	1.0	57.3	02.9	24.8	14.1

## Voluntário 10

Tabela 46a: Padrão polissonográfico de sono do voluntário 10

	Início do Sono (hh:mm)	Tempo de Registro (min)	Tempo Total de Sono (min)	Eficiência de Sono (%)	Latência Sono (min)	Latência Sono REM (min)	Tempo Acordado no PTS (min)	Índice de Despertar (nº/h)
1ª Visita	22:29	475	396.0	83.4	1.5	84.5	45.5	5.5
2ª Visita	22:28	466	444.5	95.4	6.5	166.5	13.5	4.3
3ª Visita	22:33	473	443.0	93.7	4.5	76.5	20.5	5.3

Tabela 46b: Padrão polissonográfico de sono do voluntário 10

	% Estágio 1	% Estágio 2	% Estágio 3	% Estágio 4	% REM
1ª Visita	4.9	68.7	3.3	13.1	10.0
2ª Visita	1.2	62.4	2.5	15.6	18.2
3ª Visita	1.7	53.4	3.4	11.3	30.2



## ANEXO 9

### Resultados da Actigrafia dos Atletas Cegos

#### Videntes

Tabela 47: Padrão actigráfico de sono dos voluntários videntes

	Início do sono (hh:mm)	Tempo Total de Sono TTS (min)	Tempo Acordado Durante TTS (min)	Porcentagem de Sono (%)	Latência Sono (min)
Voluntário 1	20:39	401,4	34,6	92,28	12,4
Voluntário 2	23:41	393,0	35,6	91,98	19,8
Voluntário 3	24:03	418,6	07,0	98,33	06,6
Voluntário 4	21:49	342,8	18,6	94,45	06,0

#### Atletas cegos

##### Voluntário 5

Tabela 48: Comparação actigráfica do padrão de sono do voluntário 5 em fase e fora de fase

	Em Fase	Fora de Fase
Tempo Total de Sono – TTS (min)	470, 80	337,80
Tempo Acordado Durante TTS (min)	18,00	20,00
Porcentagem de Sono (%)	97,14	98,81
Latência Sono (min)	05,60	15,60

Tabela 49: Início do sono em cinco dias consecutivos do voluntário 5 em fase e fora de fase

	Início do Sono	
	Em Fase	Fora de Fase
1º dia	23:48	23:24
2º dia	21:57	23:28
3º dia	20:10	23:08
4º dia	20:19	24:09
5º dia	23:09	23:15

#### Voluntário 6

Tabela 50: Comparação actigráfica do padrão de sono do voluntário 6 em fase e fora de fase

	Em Fase	Fora de Fase
Tempo Total de Sono – TTS (min)	300,40	196,40
Tempo Acordado Durante TTS (min)	144,60	183,60
Porcentagem de Sono (%)	87,39	69,72
Latência Sono (min)	108,20	95,80

Tabela 51: Início do sono em cinco dias consecutivos do voluntário 6 em fase e fora de fase

	Início do Sono	
	Em Fase	Fora de Fase
1º dia	23:10	21:52
2º dia	22:42	20:57
3º dia	24:09	20:33
4º dia	24:19	21:13
5º dia	02:51	21:57

## Voluntário 7

Tabela 52: Padrão actigráfico de sono do voluntário 7

	Sincronizado
Tempo Total de Sono – TTS (min)	389,60
Tempo Acordado Durante TTS (min)	79,80
Porcentagem de Sono (%)	85,14
Latência Sono (min)	09,40

Tabela 53: Início do sono em cinco dias consecutivos do voluntário 7 em fase e fora de fase

	Início do Sono
1º dia	22:27
2º dia	23:34
3º dia	23:10
4º dia	23:20
5º dia	23:32

## Voluntário 8

Tabela 54: Padrão actigráfico de sono do voluntário 8

	Sincronizado
Tempo Total de Sono – TTS (min)	379,80
Tempo Acordado Durante TTS (min)	65,20
Porcentagem de Sono (%)	93,87
Latência Sono (min)	58,40

Tabela 55: Início do sono em cinco dias consecutivos do voluntário 8 em fase e fora de fase

Início do Sono	
1º dia	20:48
2º dia	23:16
3º dia	24:10
4º dia	22:13
5º dia	22:15

#### Voluntário 9

Tabela 56: Comparação actigráfica do padrão de sono do voluntário 9 em fase e fora de fase

	Em Fase	Fora de Fase
Tempo Total de Sono – TTS (min)	308,80	349,80
Tempo Acordado Durante TTS (min)	98,40	109,80
Porcentagem de Sono (%)	81,94	79,59
Latência Sono (min)	25,80	19,20

Tabela 57: Início do sono em cinco dias consecutivos do voluntário 9 em fase e fora de fase

Início do Sono		
	Em Fase	Fora de Fase
1º dia	01:56	22:46
2º dia	01:24	01:18
3º dia	21:58	24:22
4º dia	24:18	23:10
5º dia	01:16	22:21

## Voluntário 10

Tabela 58: Comparação actigráfica do padrão de sono do voluntário 10 em fase e fora de fase

	Em Fase	Fora de Fase
Tempo Total de Sono – TTS (min)	332,00	344,40
Tempo Acordado Durante TTS (min)	180,40	06,80
Porcentagem de Sono (%)	70,99	99,46
Latência Sono (min)	27,20	04,80

Tabela 59: Início do sono em cinco dias consecutivos do voluntário 10 em fase e fora de fase

	Início do Sono	
	Em Fase	Fora de Fase
1º dia	23:21	24:10
2º dia	22:46	01:59
3º dia	23:13	24:06
4º dia	22:23	01:31
5º dia	19:47	23:14